

Electropolishing of niobium cavities

Lutz Lilje@desy.de
DESY -MPY-

R&D one single-cells
Rissen 2002

- Basics of electropolishing (EP)
- One-cell cavity EP
- Results of one-cell EP cavities

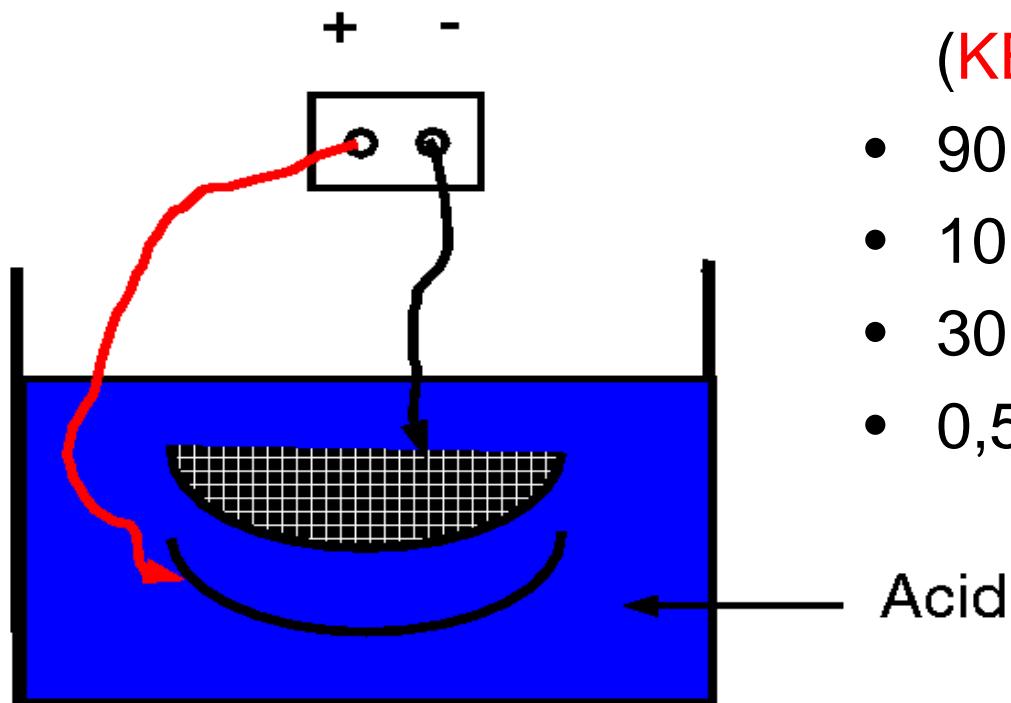


Benefits of electrolytic polishing (EP)

- bright and smooth surface
- more than 40 MV/m achieved in several 1.3 GHz 1-cell cavities
- works also for very different manufacturing techniques (see later)
- 1400°C heat treatment seems to be unnecessary
- eventually the suppression of field emission

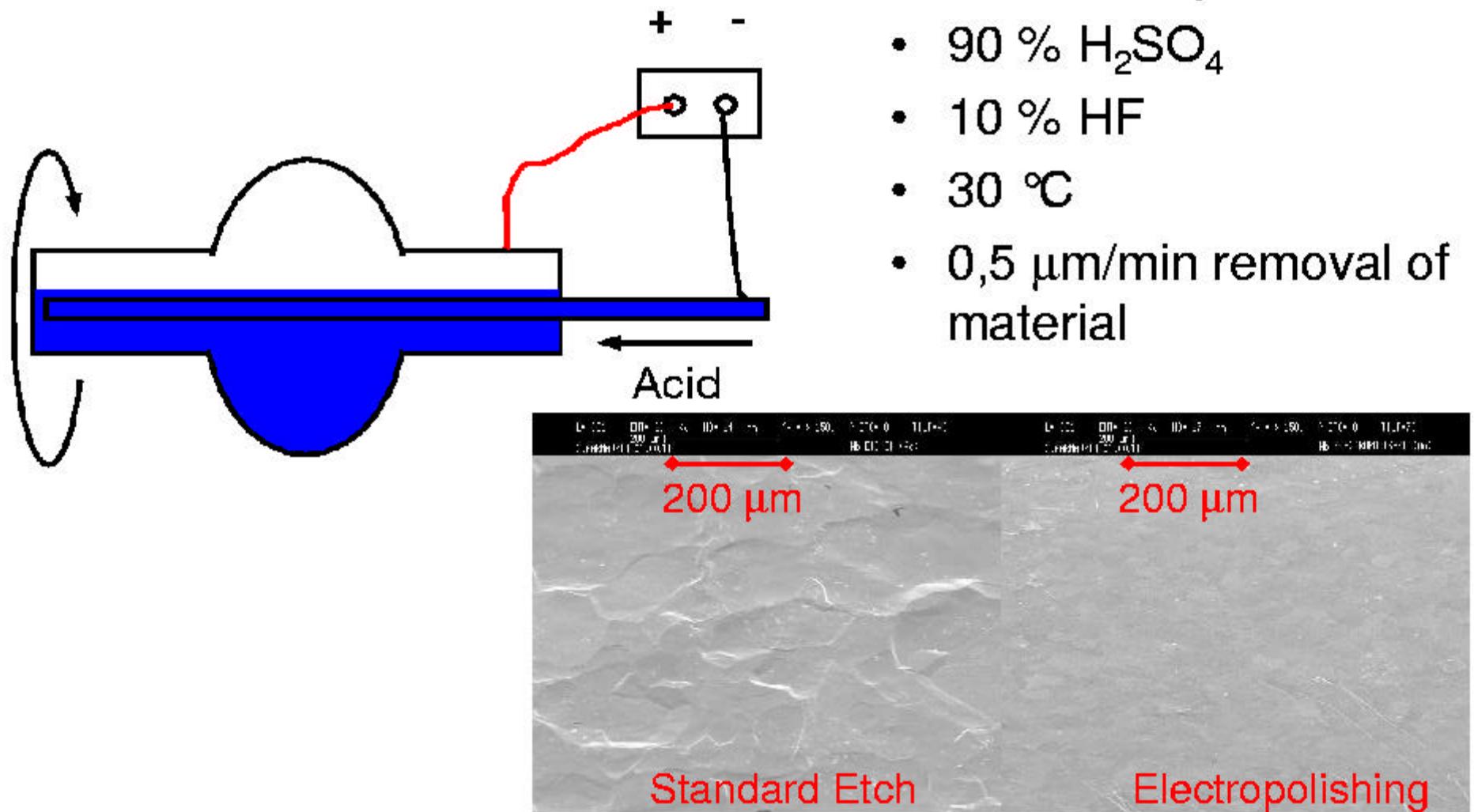
Electropolishing of Niobium

Electropolishing of half cells (Scheme)

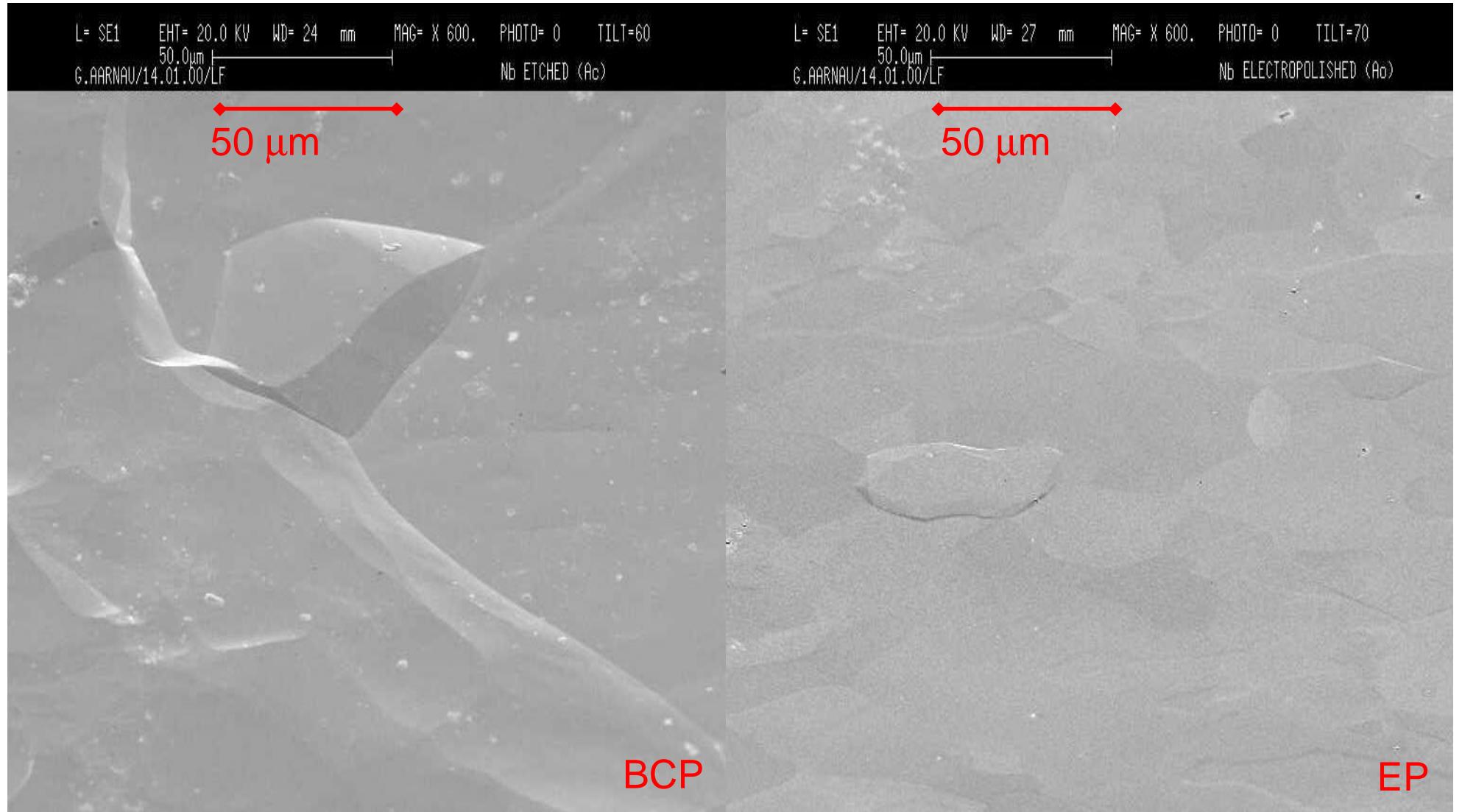


- EP Electrolyte
(KEK / Siemens)
- 90 % H_2SO_4
- 10 % HF
- 30 °C
- 0,5 $\mu\text{m}/\text{min}$

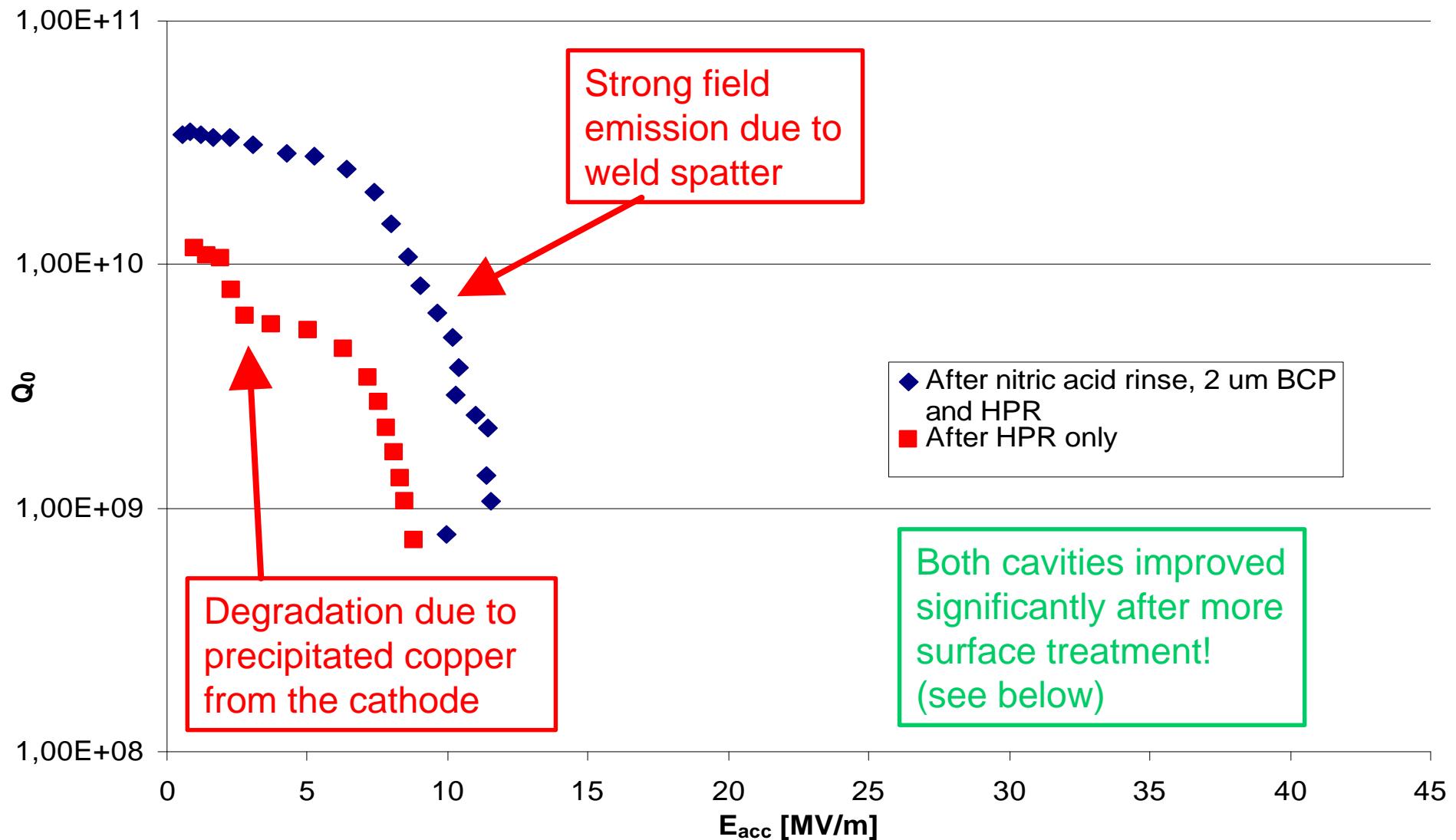
Electropolishing of 1-cell cavities (Scheme)



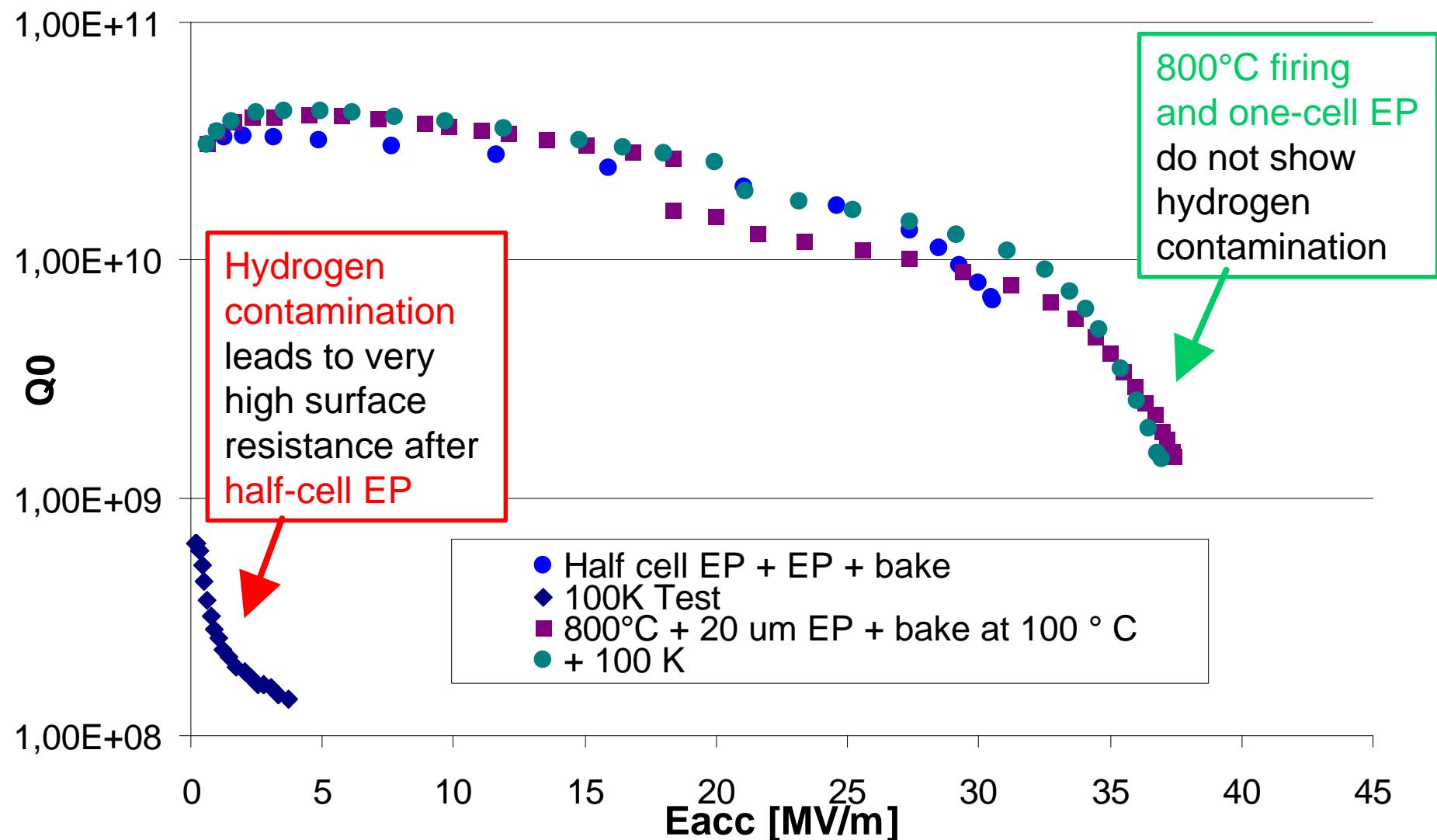
Niobium surfaces



Results from half-cell EP



Q-disease from half-cell EP



CERN closed 1-cell EP



Lutz Lilje DESY -FDET-



01.03.02

CERN closed 1-cell EP



Lutz Eulje - DESY - TBLT-

01.05.02

CERN closed 1-cell EP

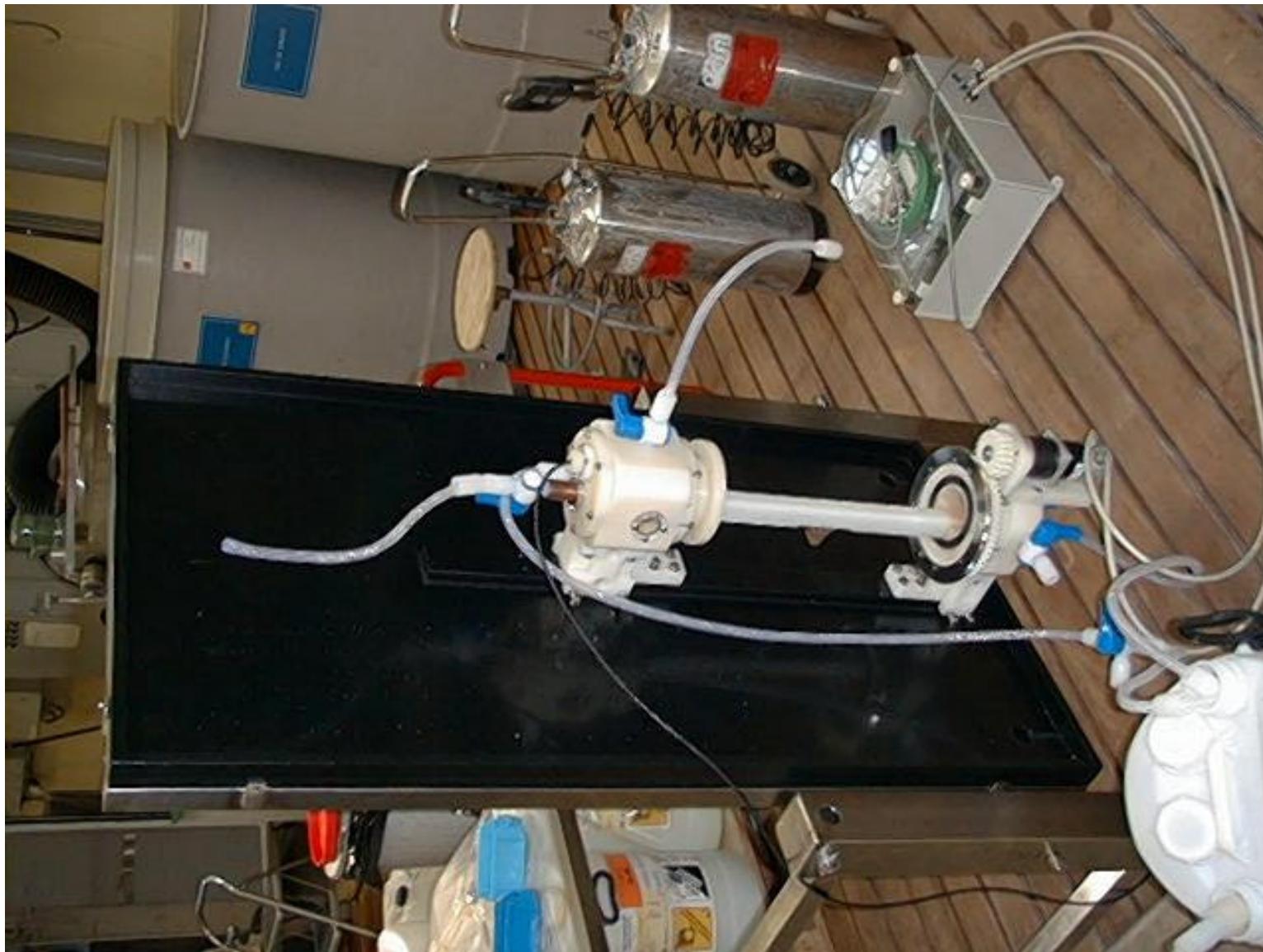


Lutz Lilje DESY -FDET-



01.03.02

CERN closed 1-cell EP

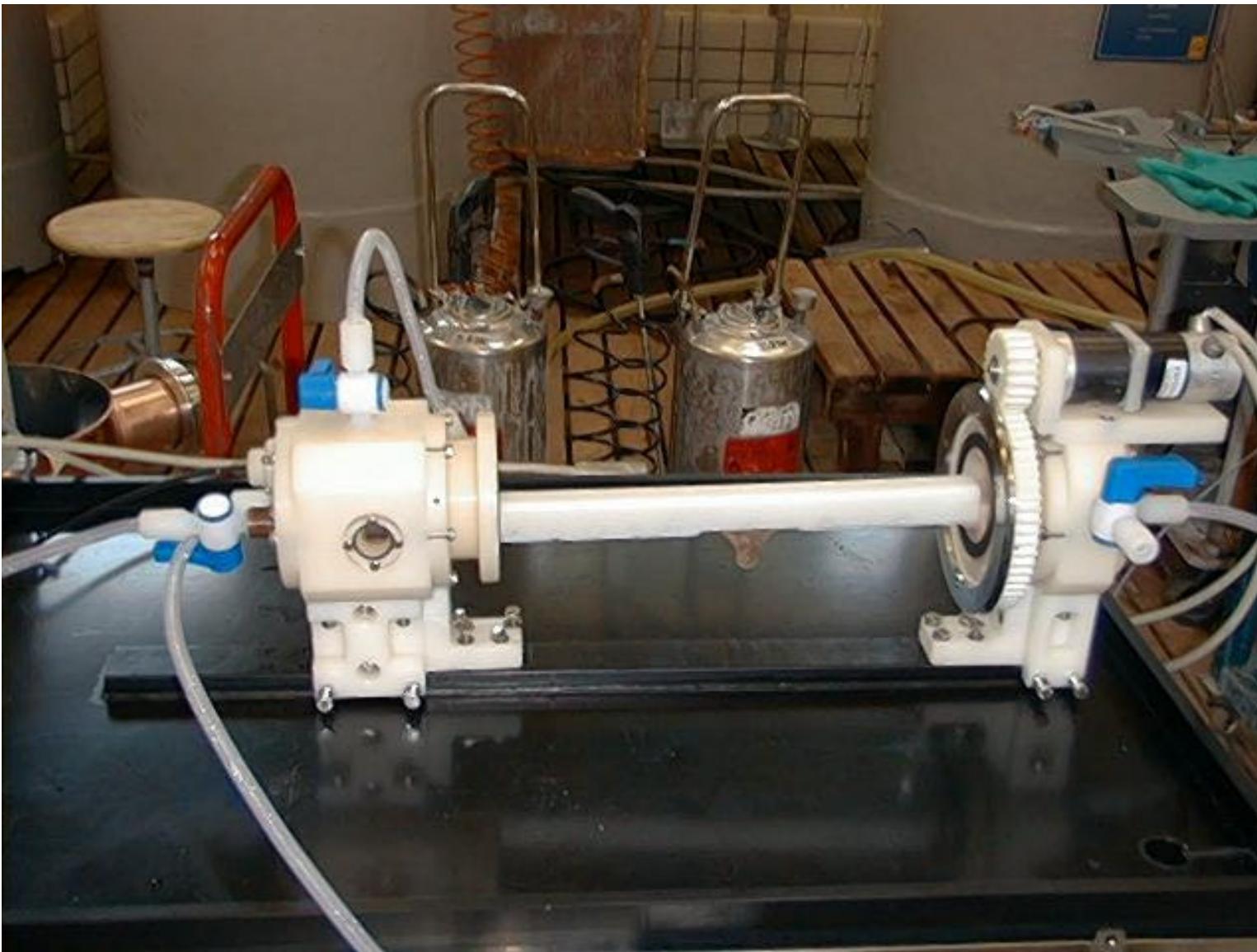


Lutz Lilje DESY -FDET-



01.03.02

CERN closed 1-cell EP

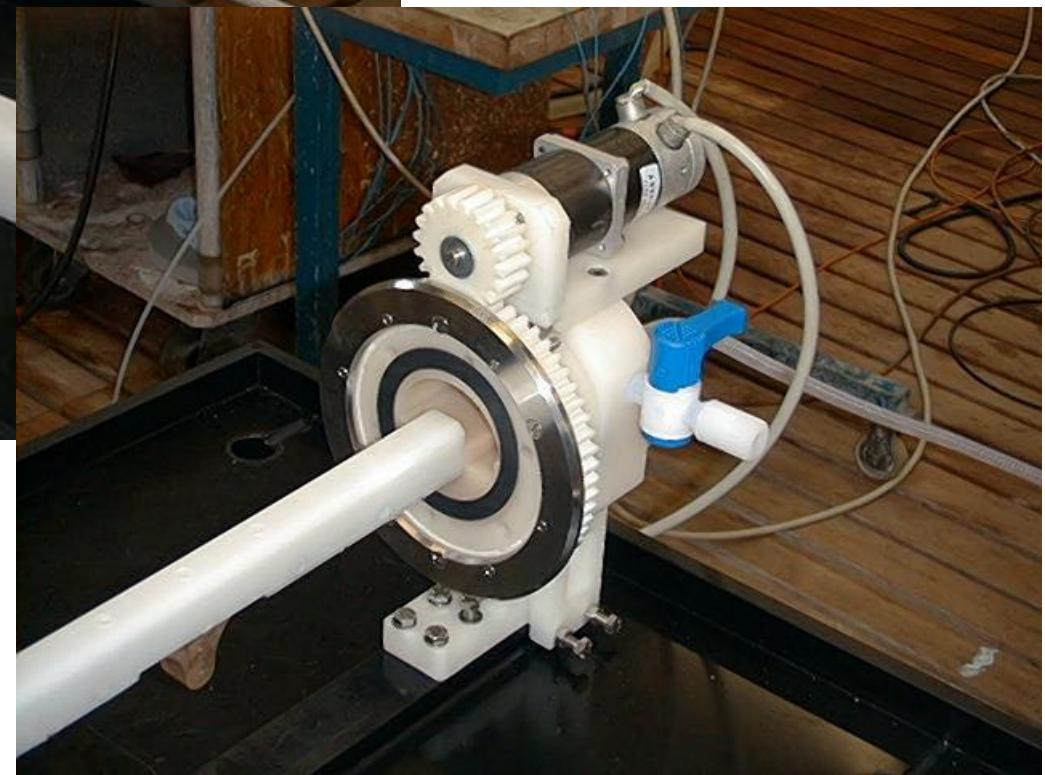
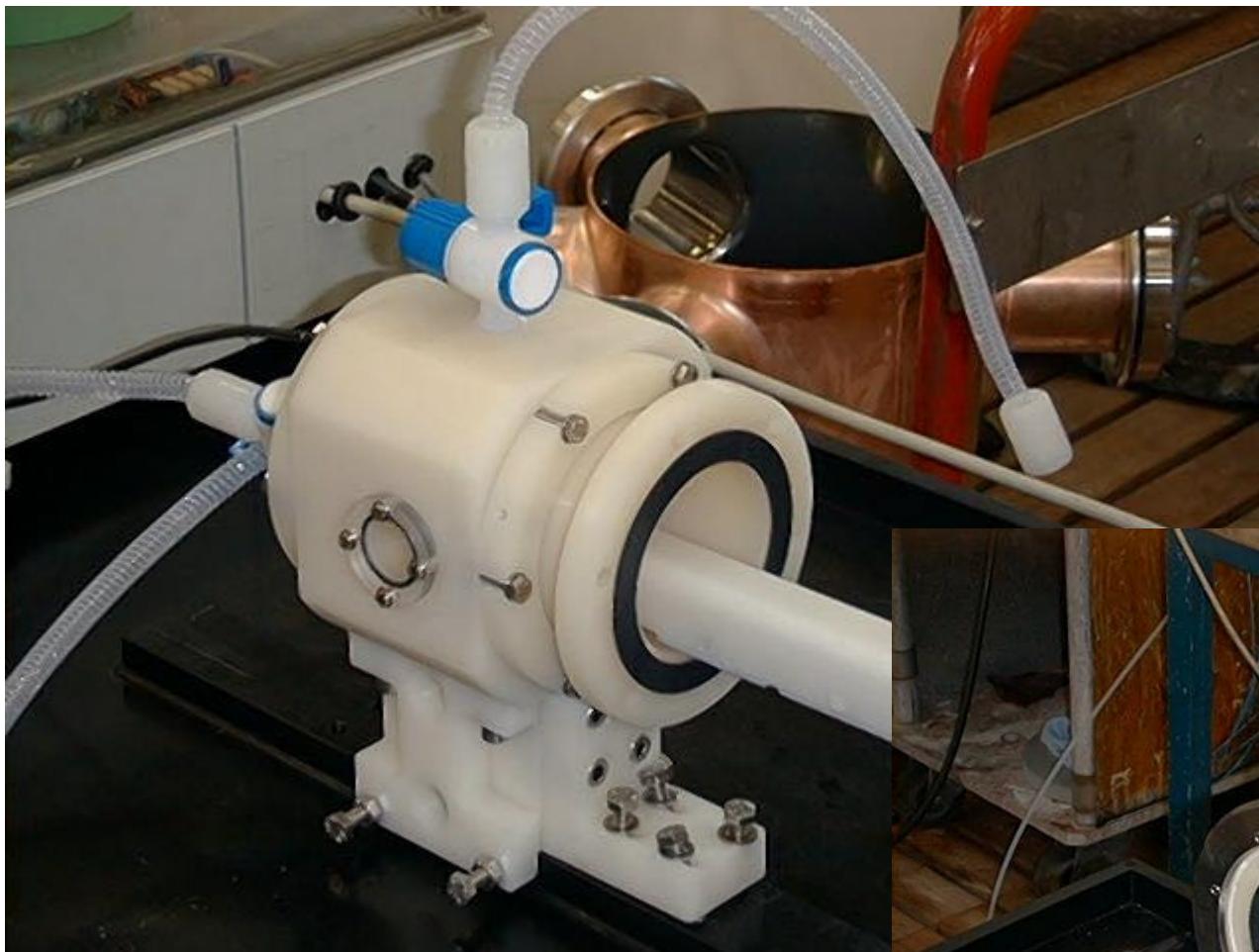


Lutz Lilje DESY -FDET-

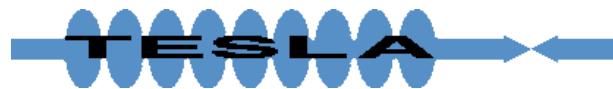


01.03.02

CERN closed 1-cell EP



Lutz Lilje DESY -FDET-



01.03.02



CERN closed 1-cell EP



Lutz Lilje DESY -FDET-

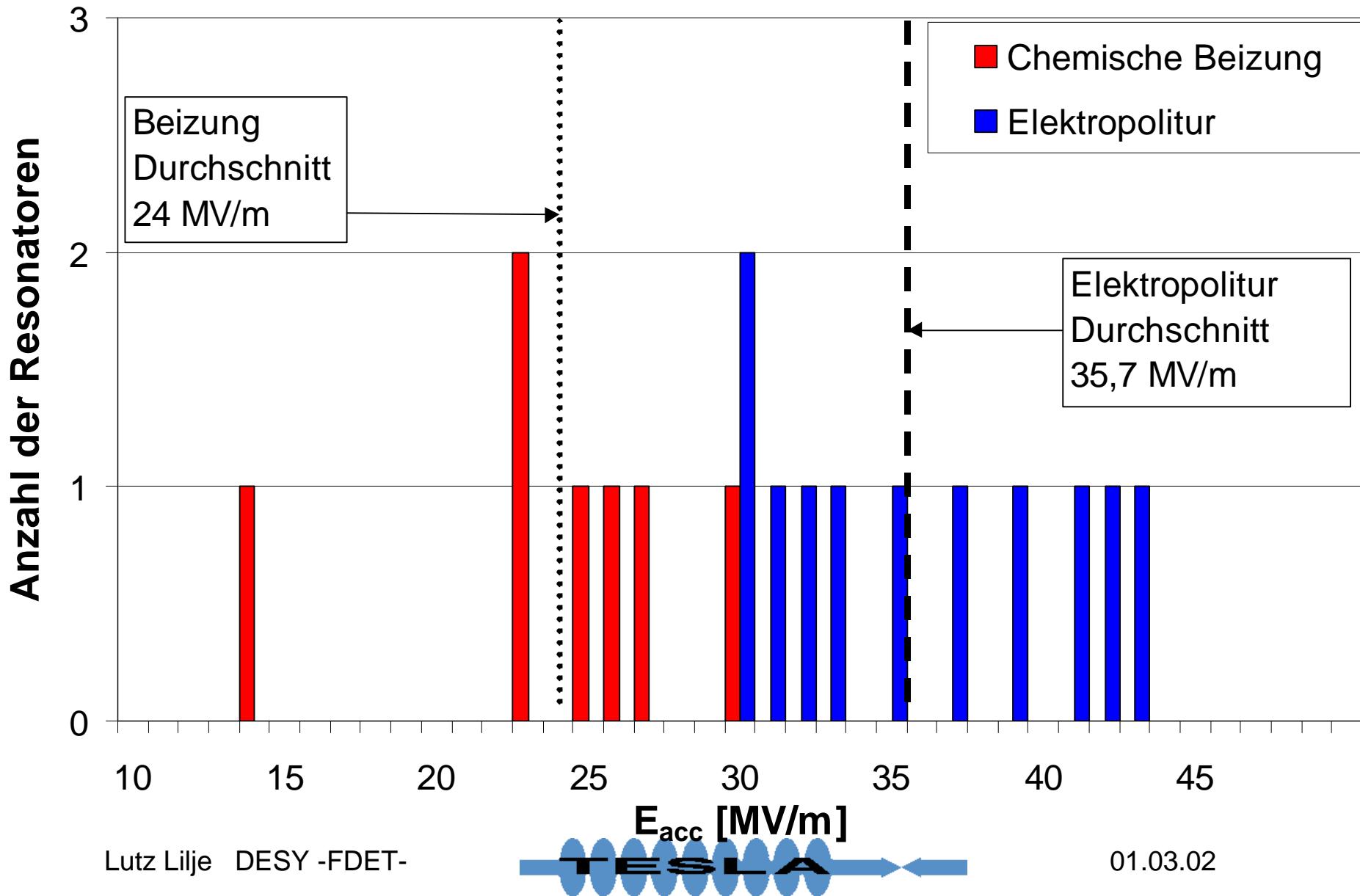
TESLA

01.03.02

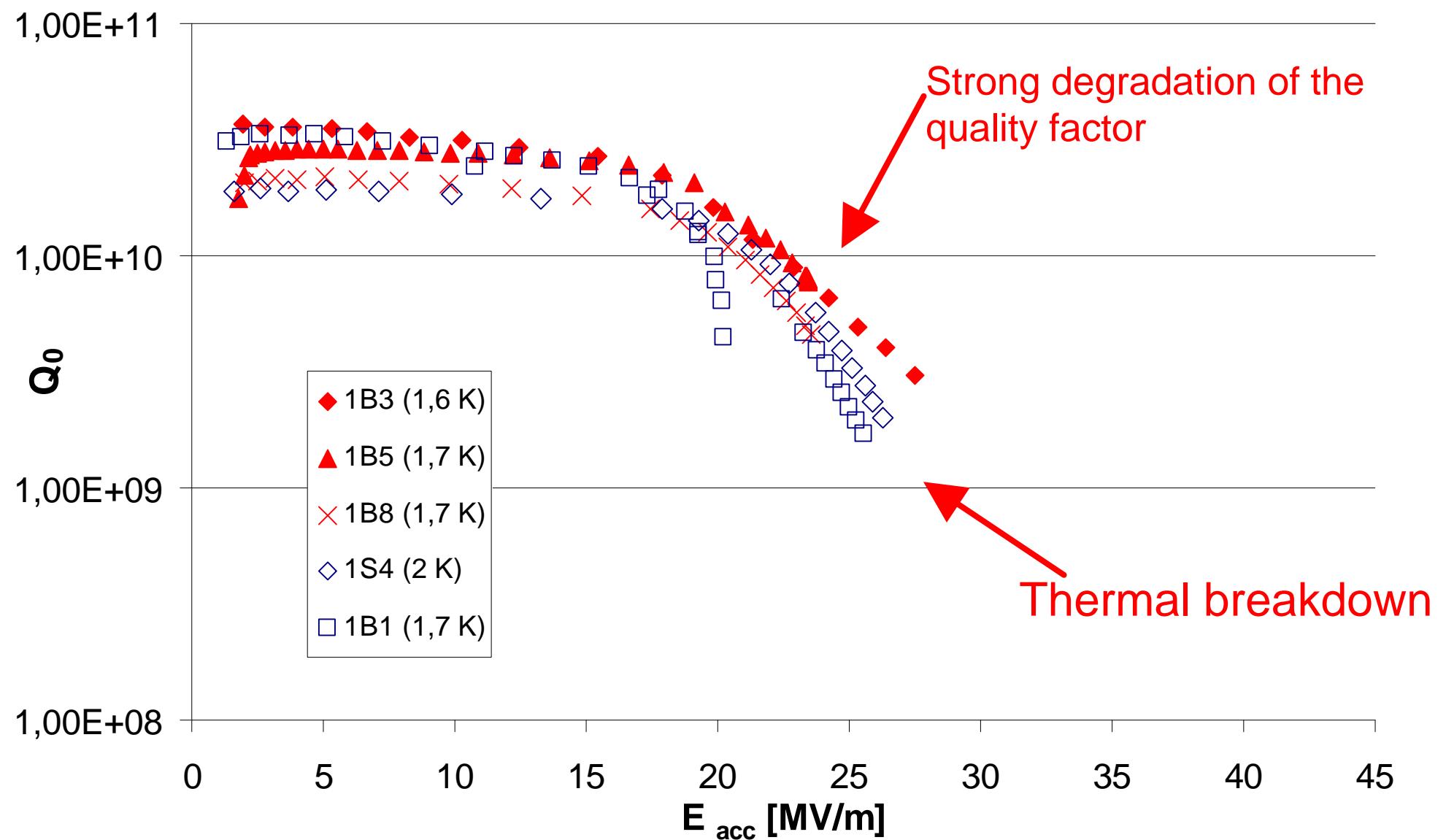
Results: Electropolishing of 1-cell cavities

- ‘In-situ baking’ is necessary to get best results for etched and electropolished cavities.
- For electropolished 1-cells with bakeout, the average gradient is around 35 MV/m
- Shown that air and nitrogen exposure do not change cavity performance after 2 month and 15 month respectively
- 800°C firing for removal of hydrogen from the bulk. No significant change in cavity behaviour.
- Preliminary results on 1400°C heat treatment. No significant changes in cavity behaviour.
- Influence of the electron-beam welding: Better vacuum yields slightly better performance.
- Multipacting nearly always observed at 17-20 MV/m.

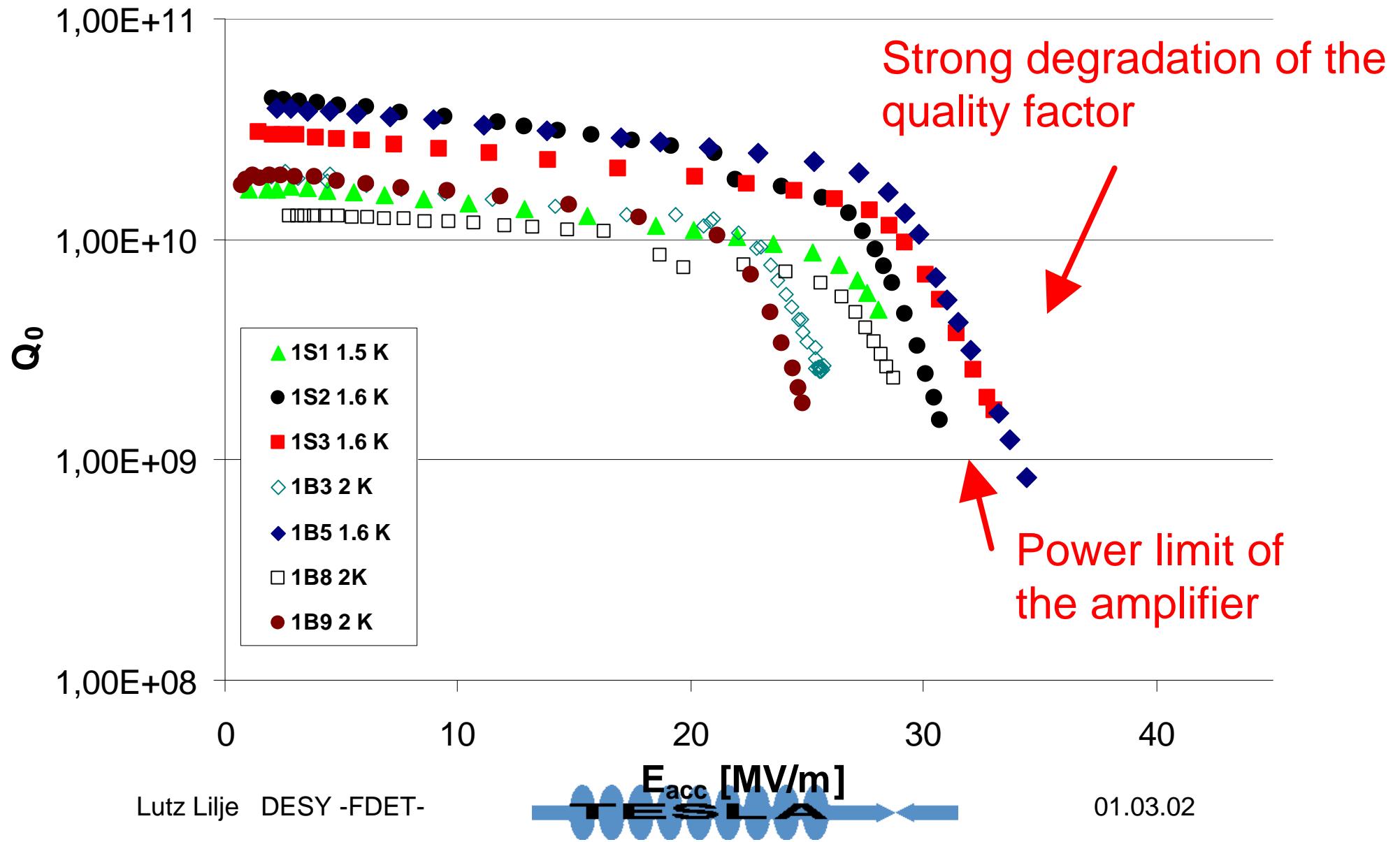
Vergleich von chemischer Beizung mit der Elektropolitur



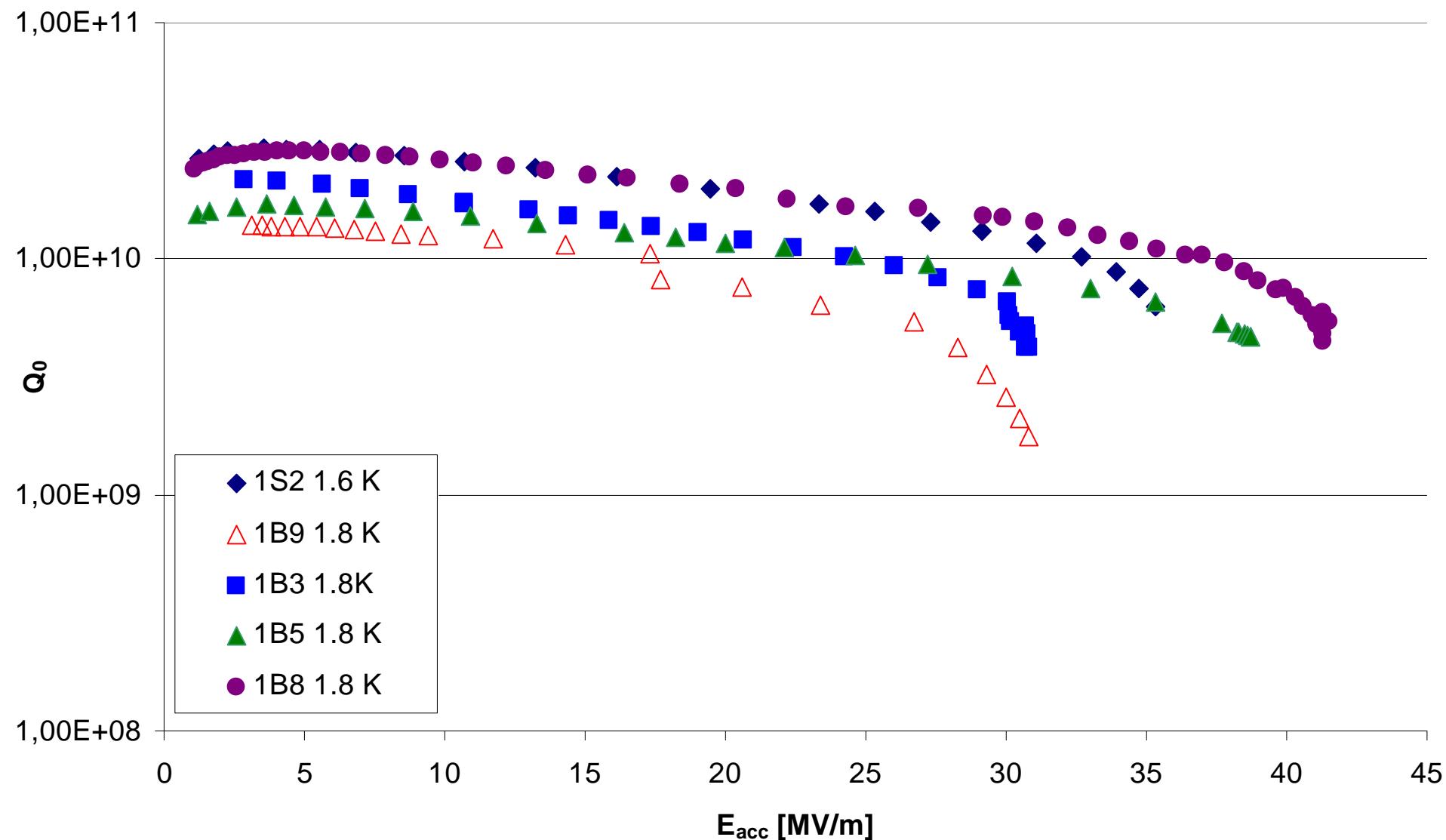
Etched cavities without bakeout



Electropolished cavities without bakeout



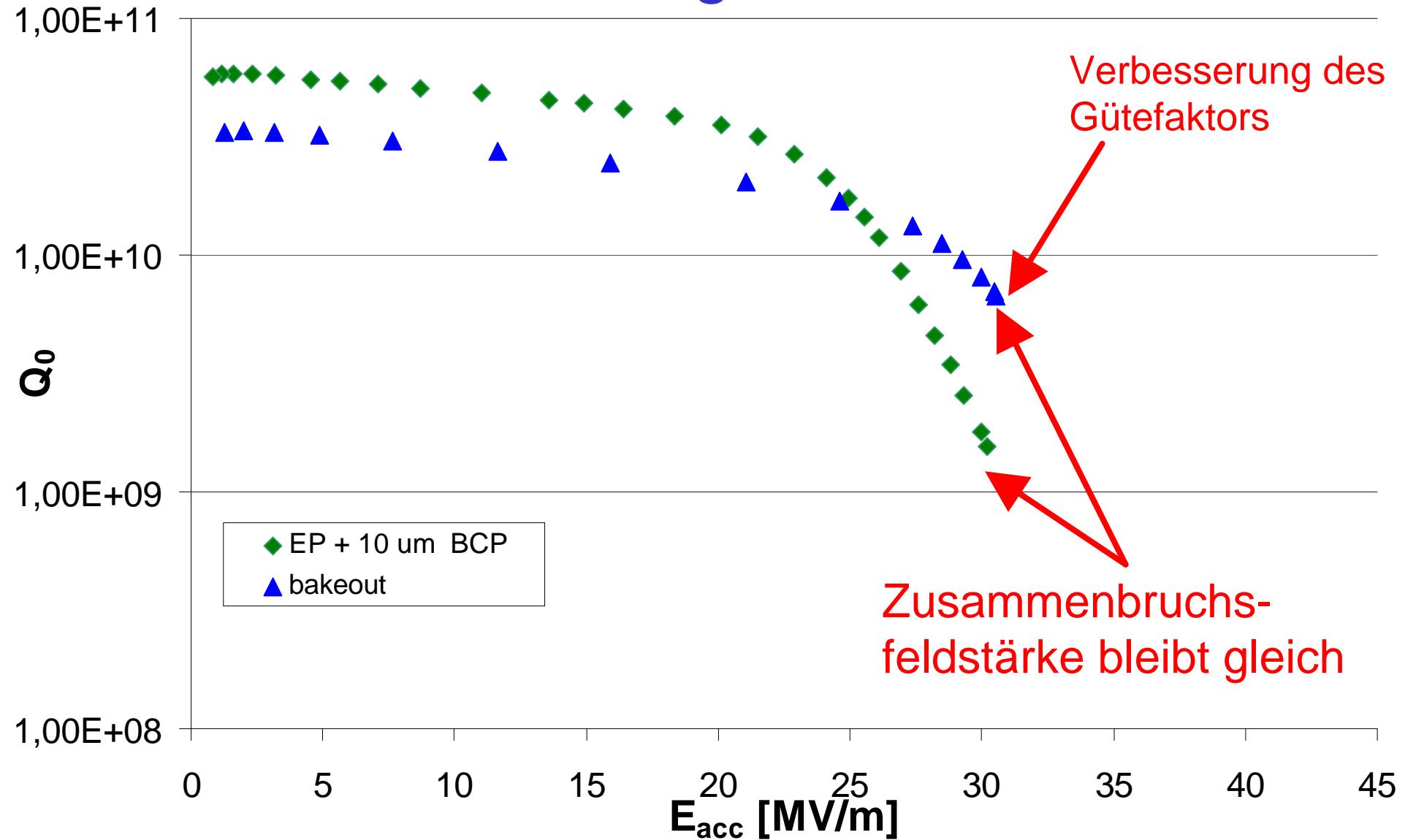
Onecell cavities before 800 °C with ‘in-situ’ baking



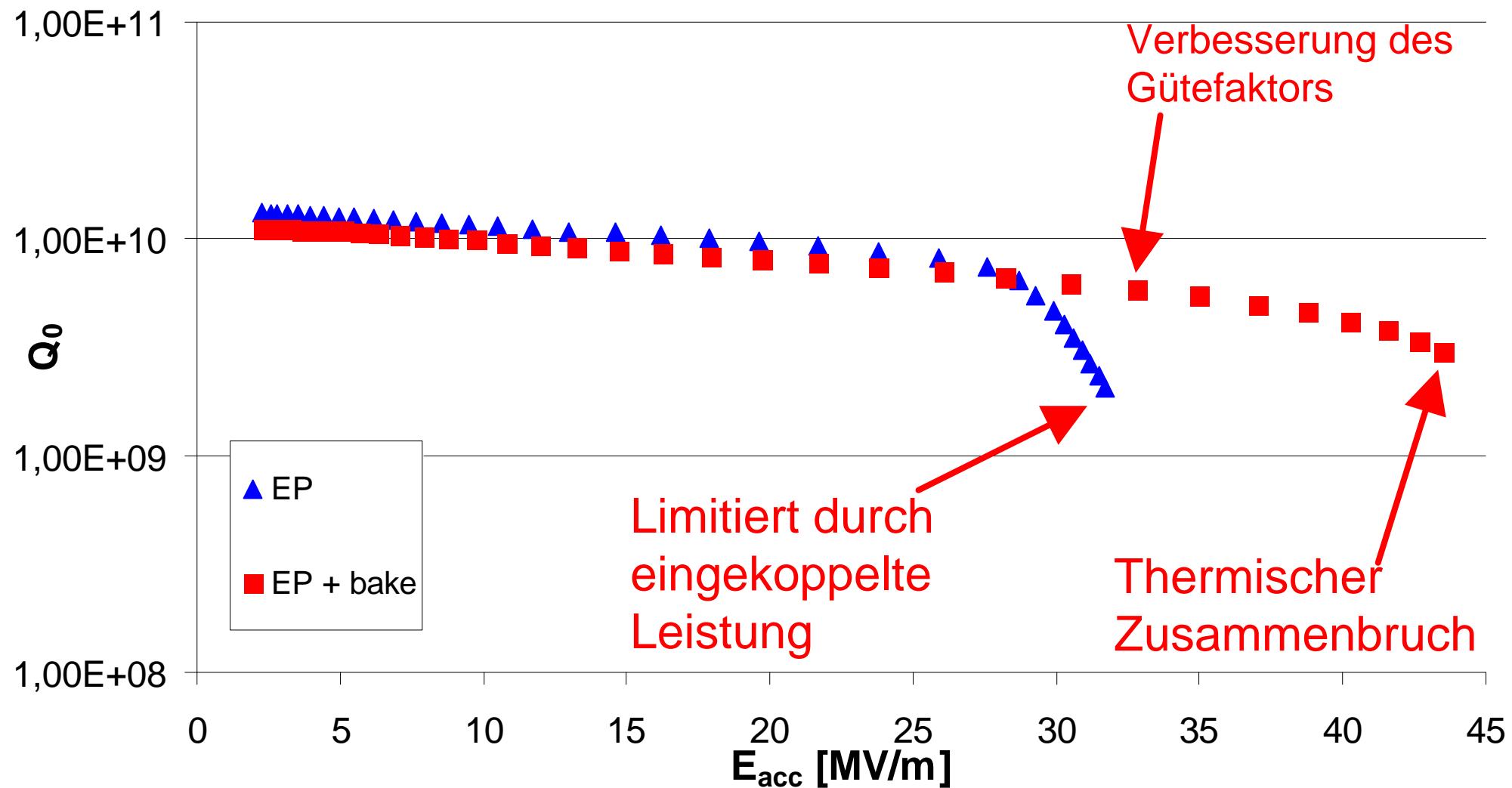
‘In-situ’ Ausheizen der Resonatoren

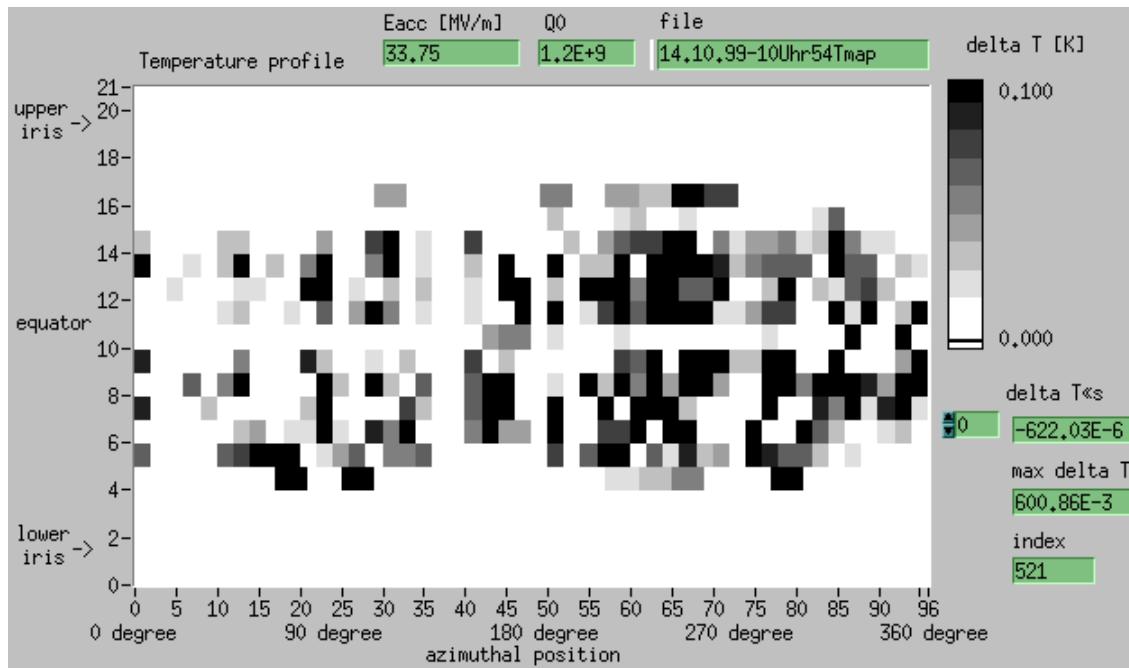
- Die höchsten Feldstärken und hohen Gütefaktoren **bei gebeizten und elektropolierten Resonatoren** waren nur nach **Ausheizvorgang bei niedrigen Temperaturen** möglich:
- Parameter:
 - Heizen der Resonatoren bei 100 - 120 °C
 - Dauer: ca. 40 Stunden
 - Druck im Resonator $<10^{-6}$ mbar
 - Schutzgasatmosphäre (N_2 oder He) an der Aussenseite

‘In-situ’ Ausheizen gebeizter Resonatoren



'In-Situ' Ausbacken eines elektropolierten Resonators



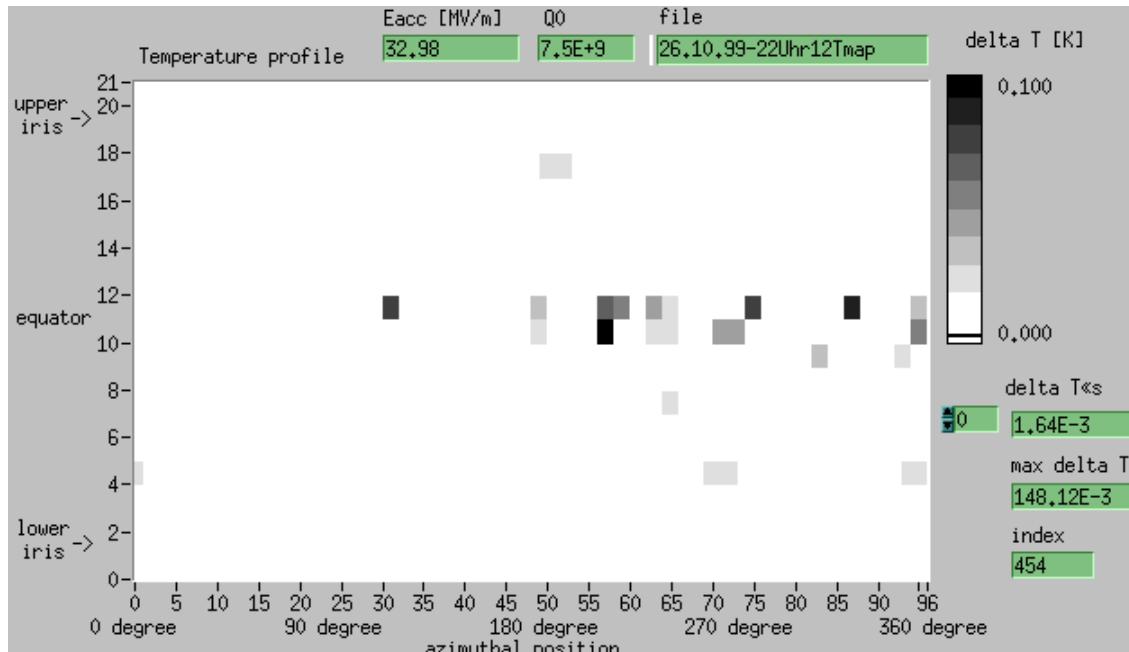


Temperature mapping at 33MV/m

... before in-situ bakeout at 120°C

⇒ Large area in the high magnetic field region of the cavity heats up

⇒ Global effect

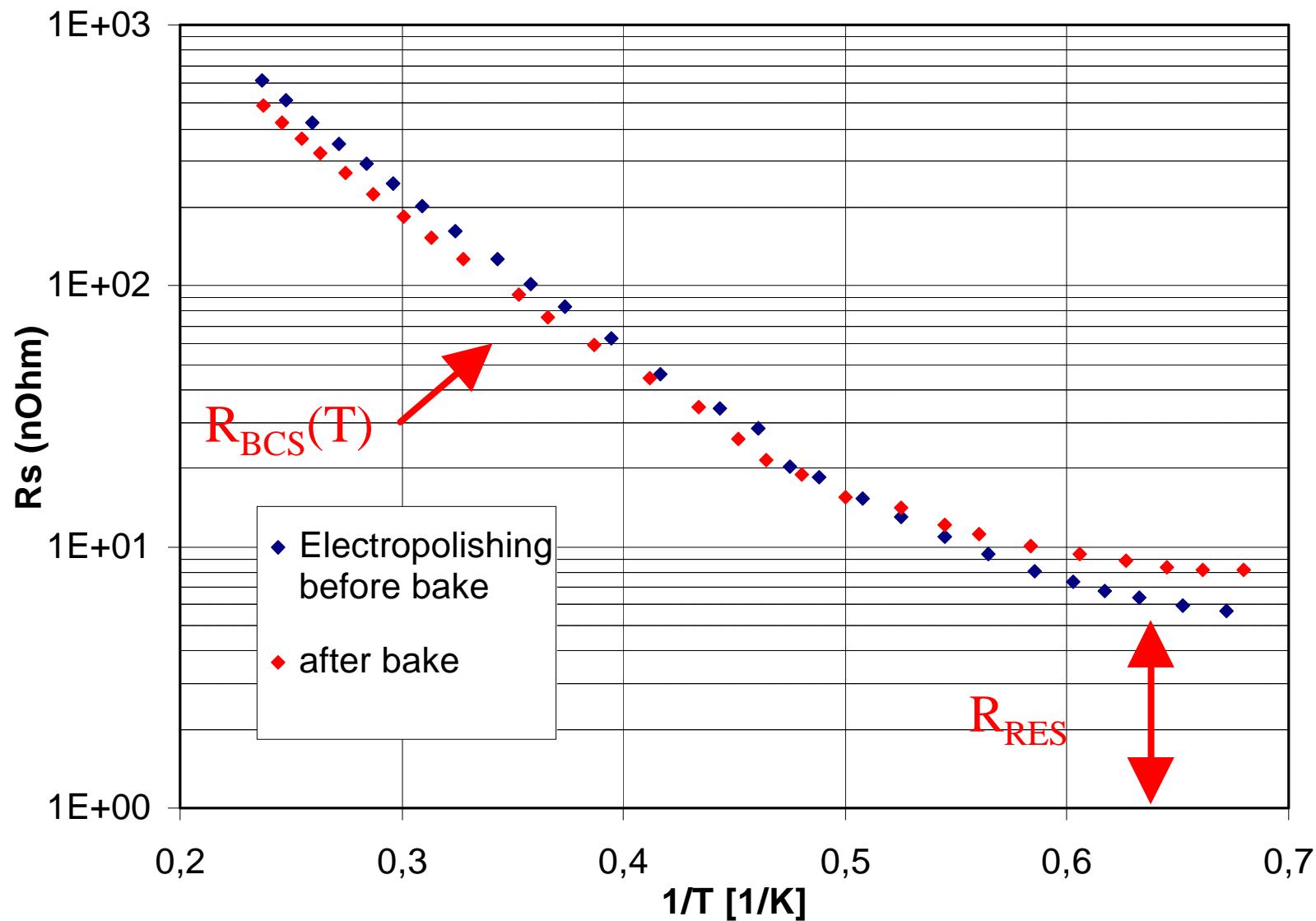


... after in-situ bakeout at 120°C

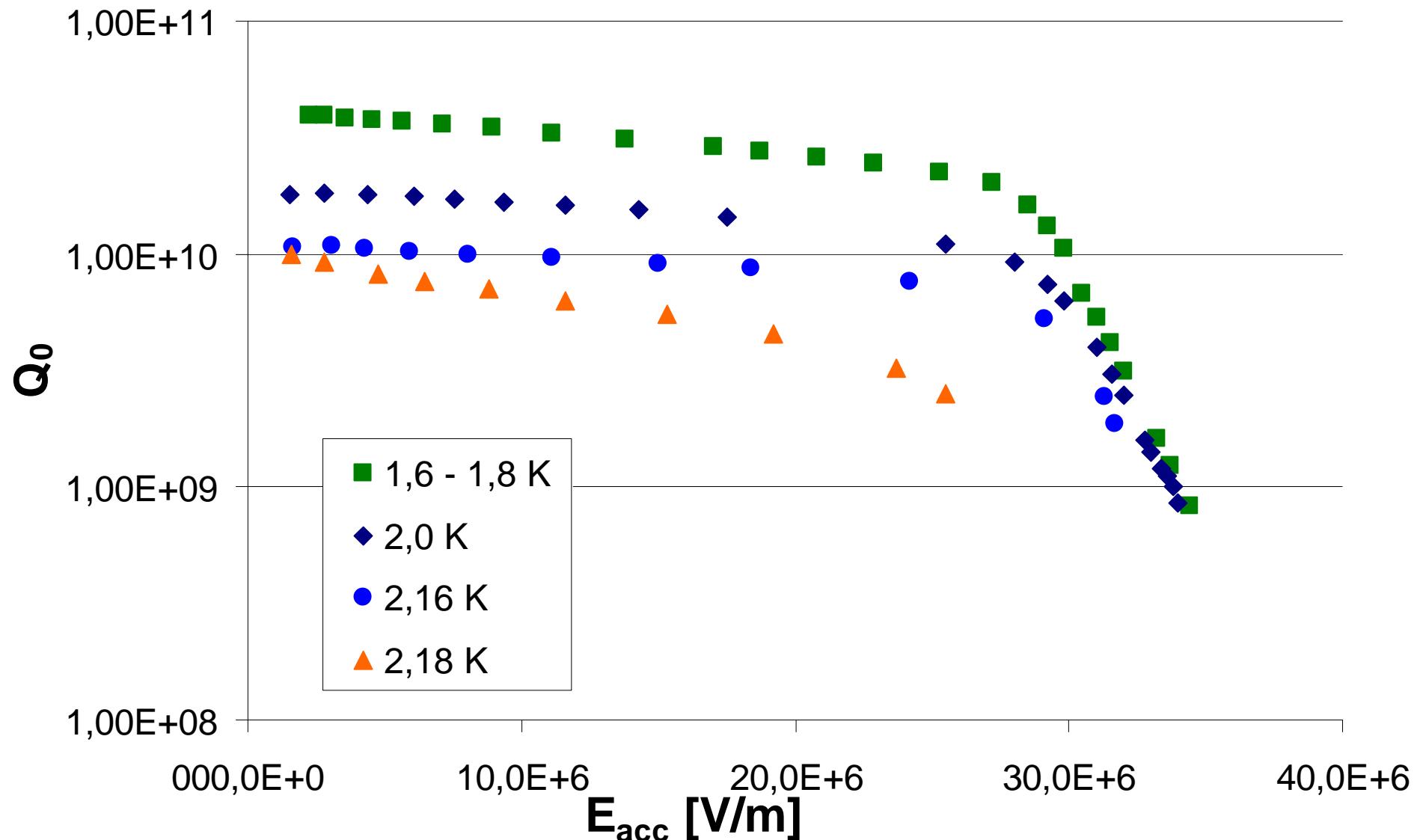
⇒ Heating of the equator welding

⇒ Change of the surface properties of the niobium

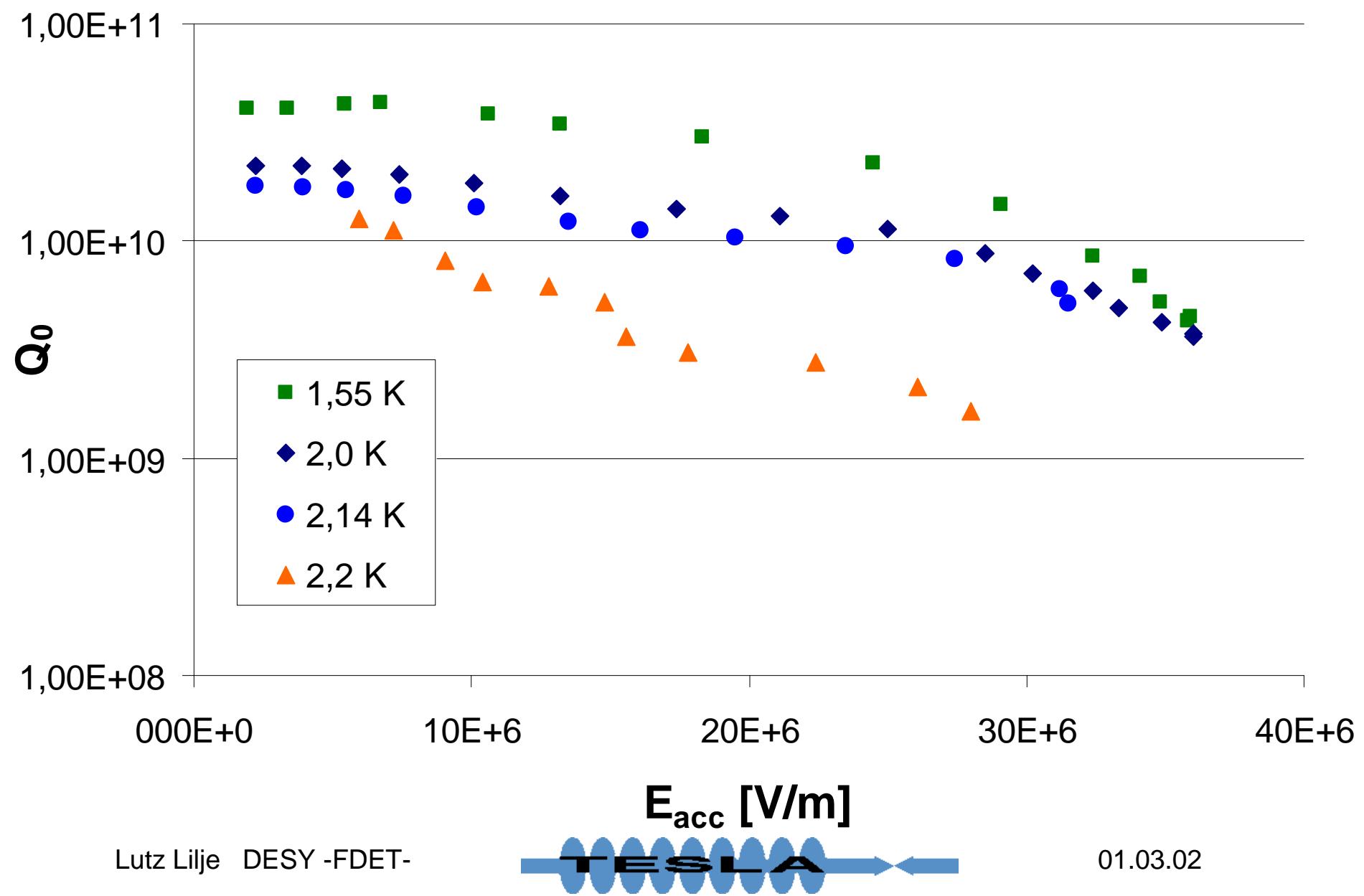
Surface resistance R_s



$Q(E_{\text{acc}})$ before bake

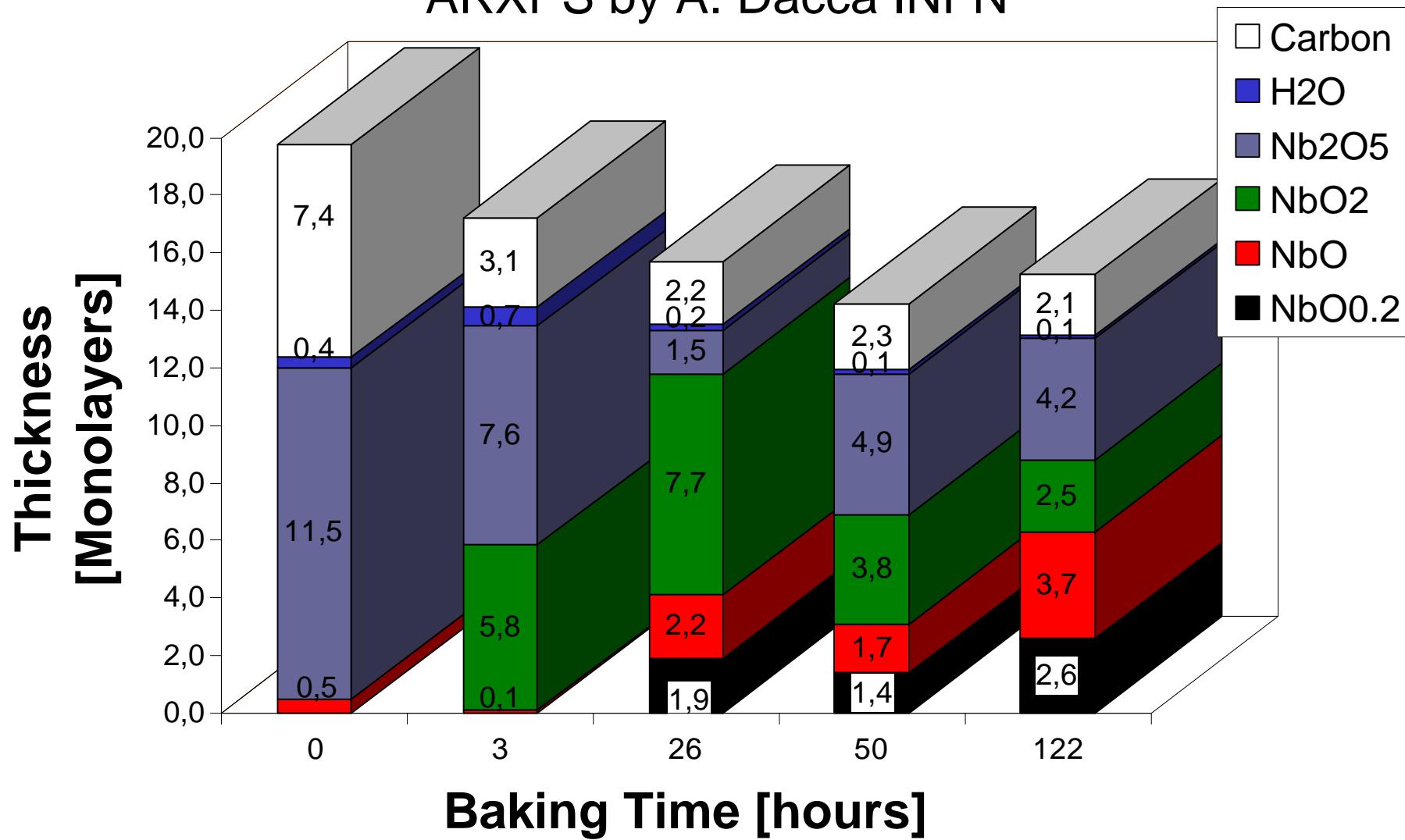


$Q(E_{\text{acc}})$ after bake

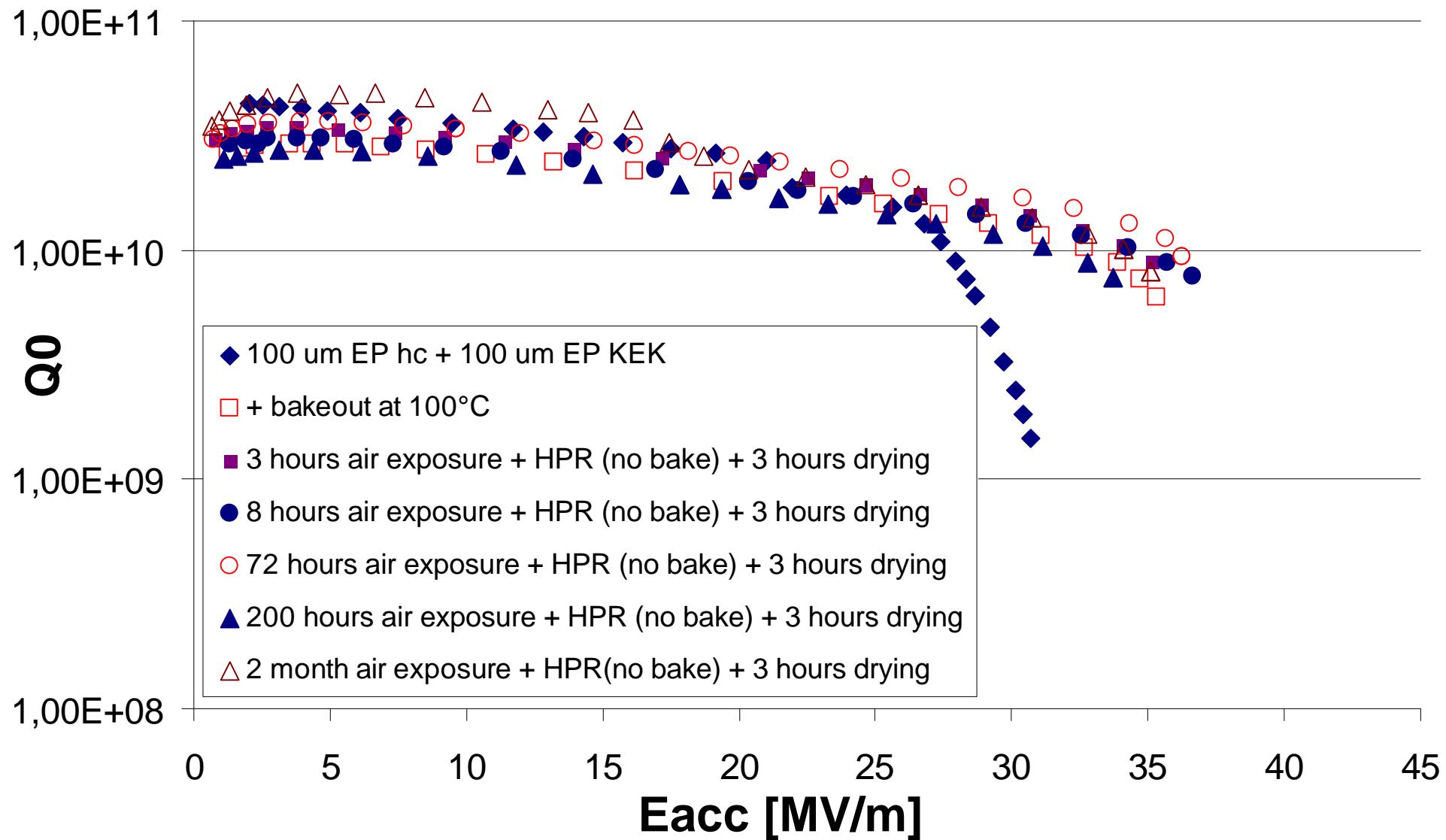


Change of the oxide structure ?

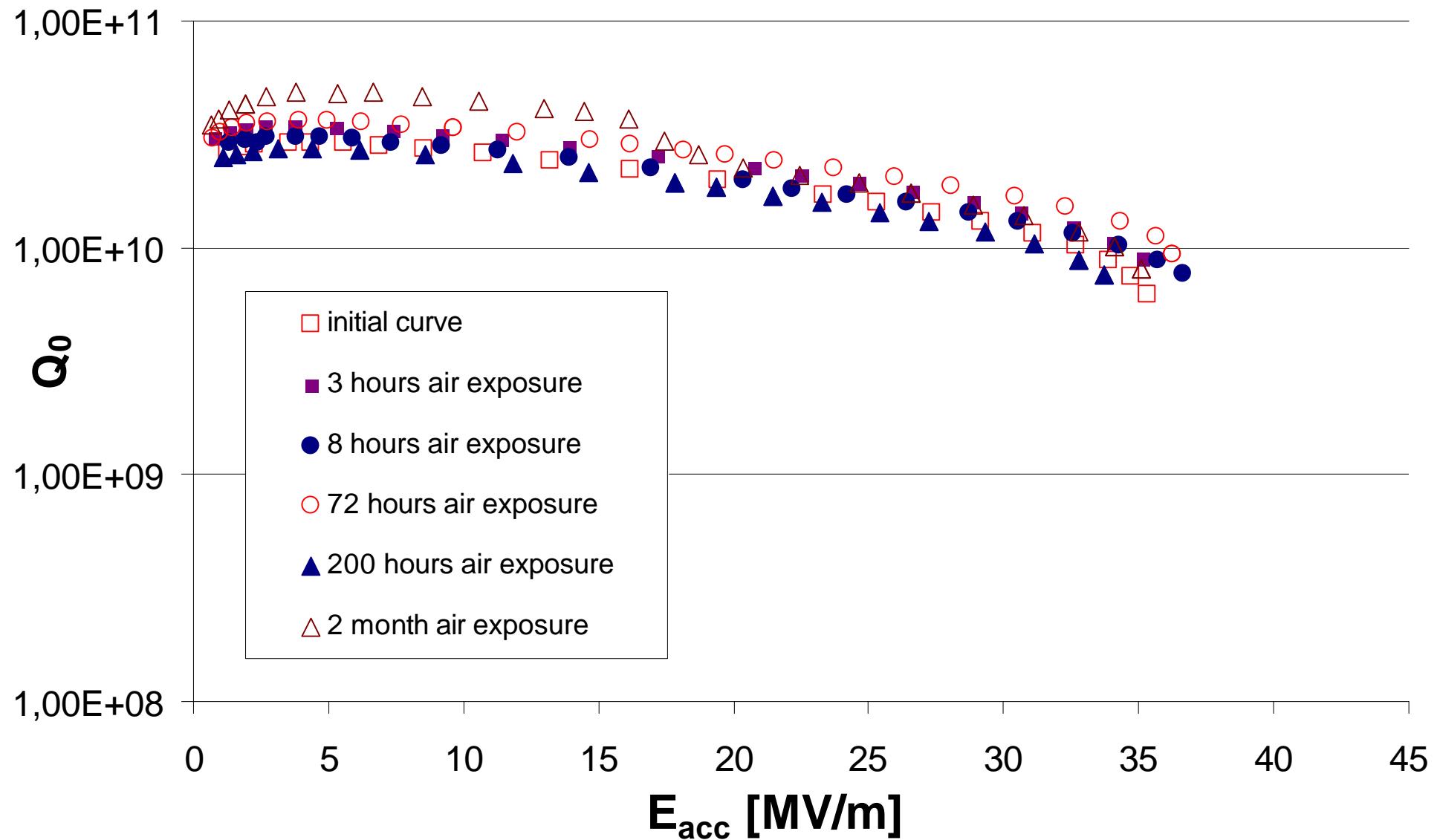
ARXPS by A. Dacca INFN



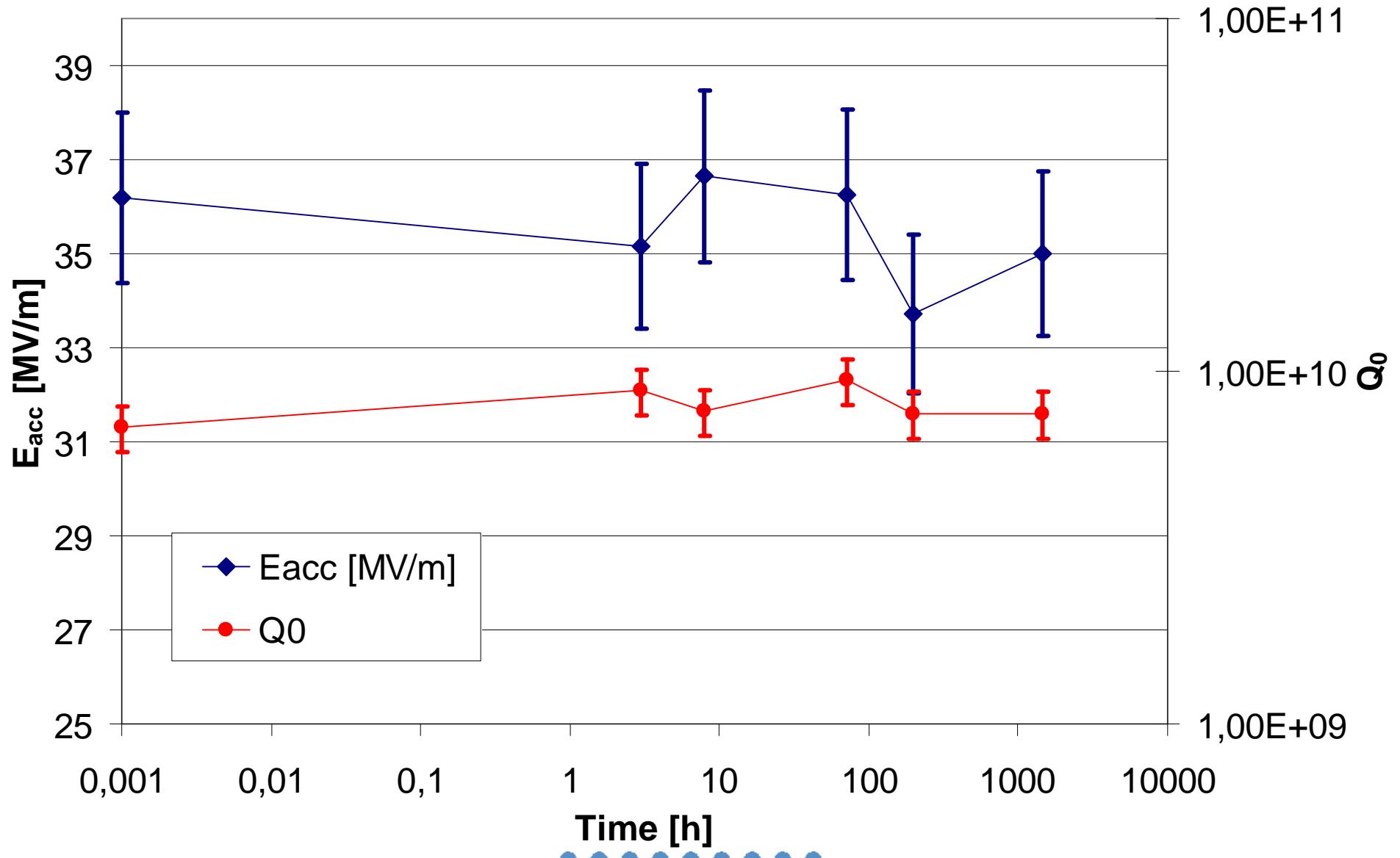
Air exposure of an EP cavity



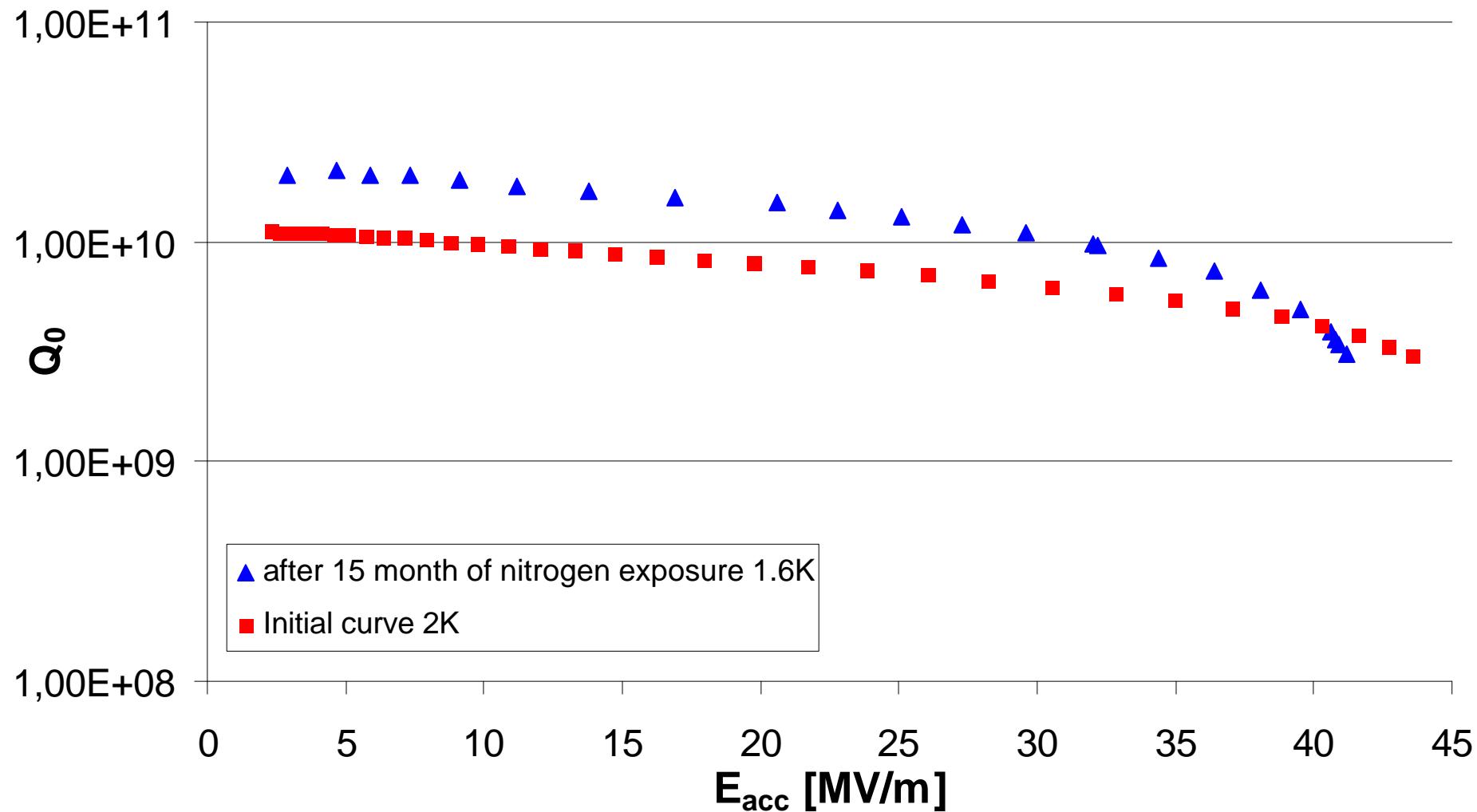
Air exposure of an EP cavity



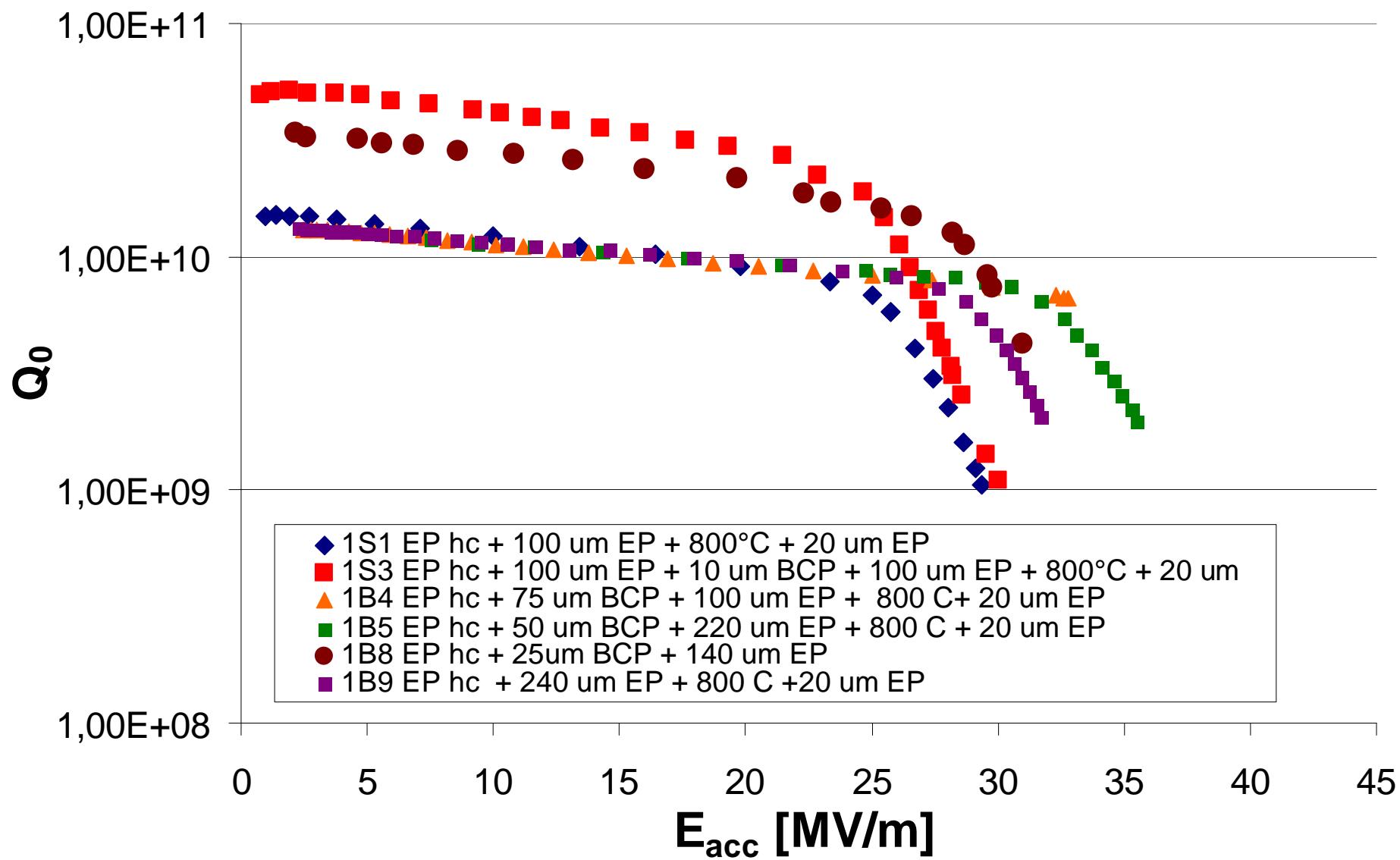
Stabilität der EP an reiner Luft



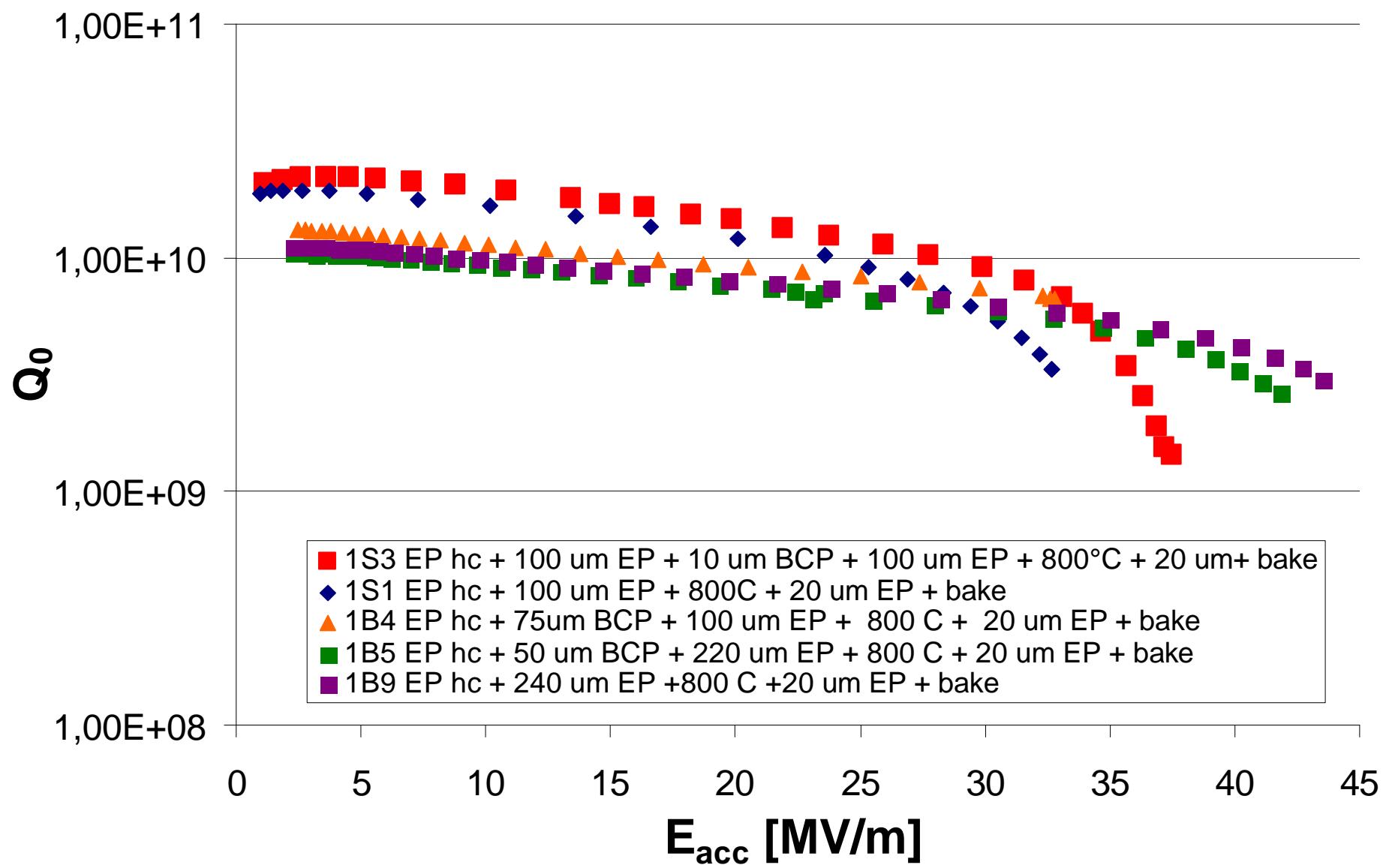
Nitrogen exposure



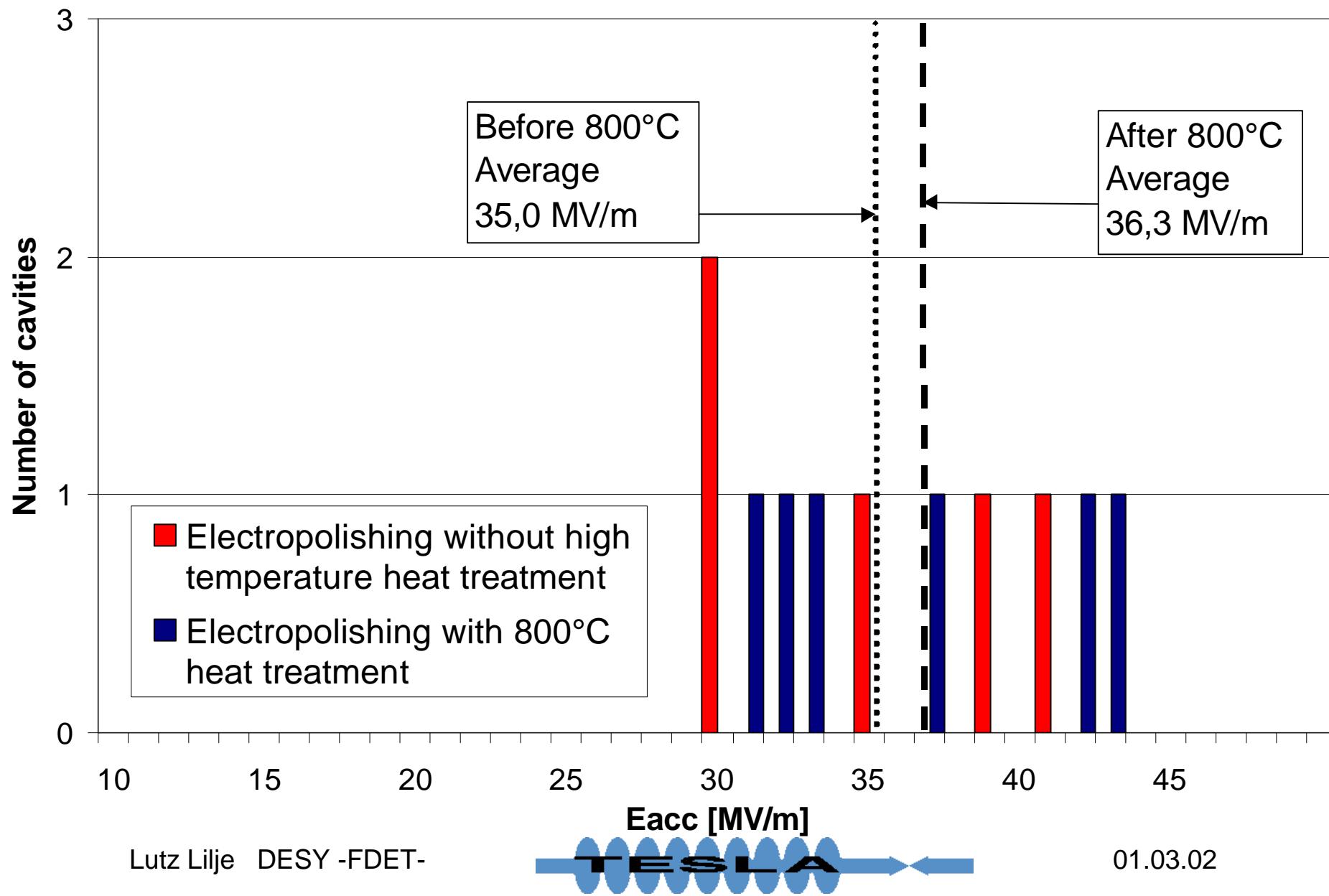
Onecell cavities after 800 °C (no bake)



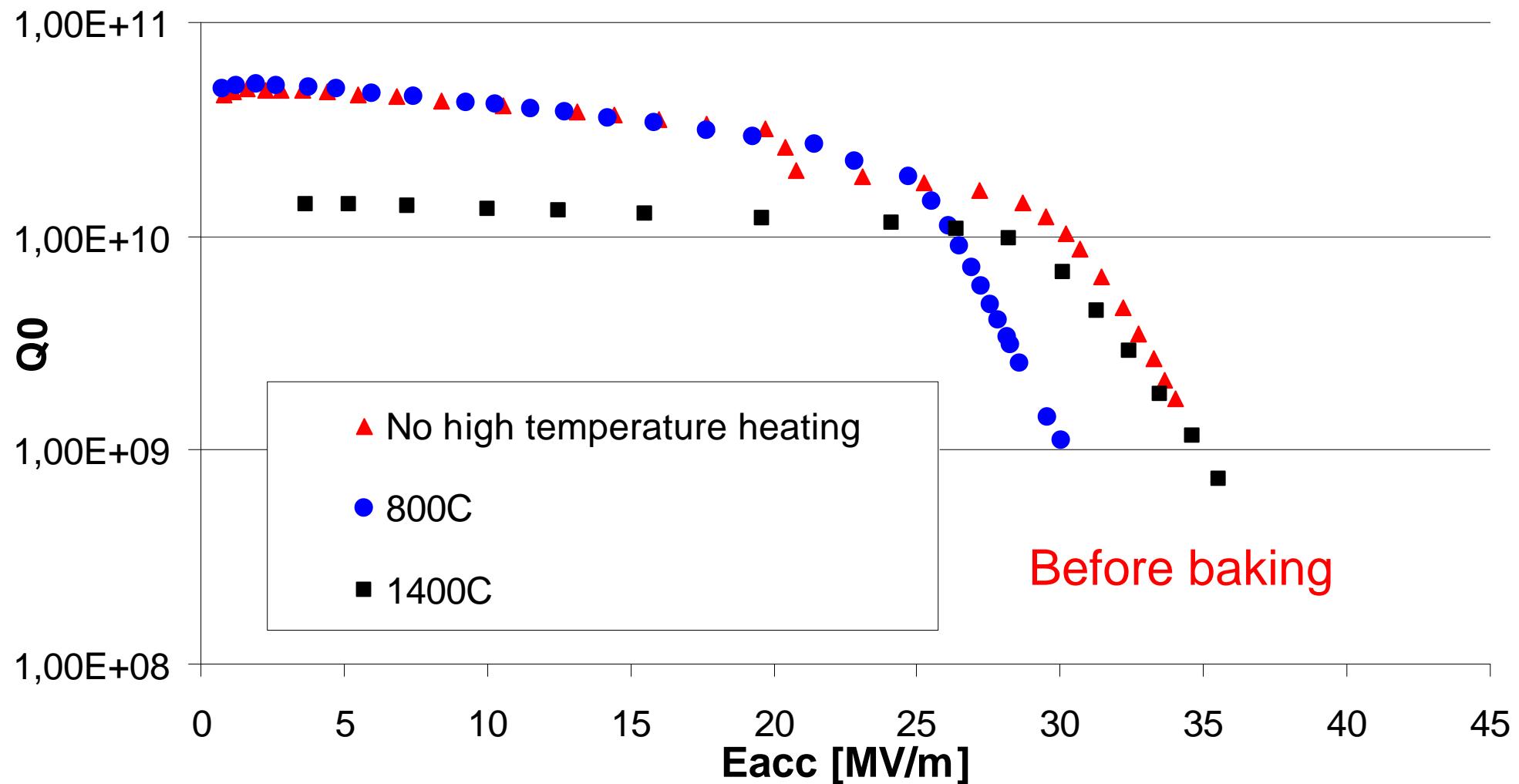
Onecell cavities after 800 °C after ‘in-situ’ baking



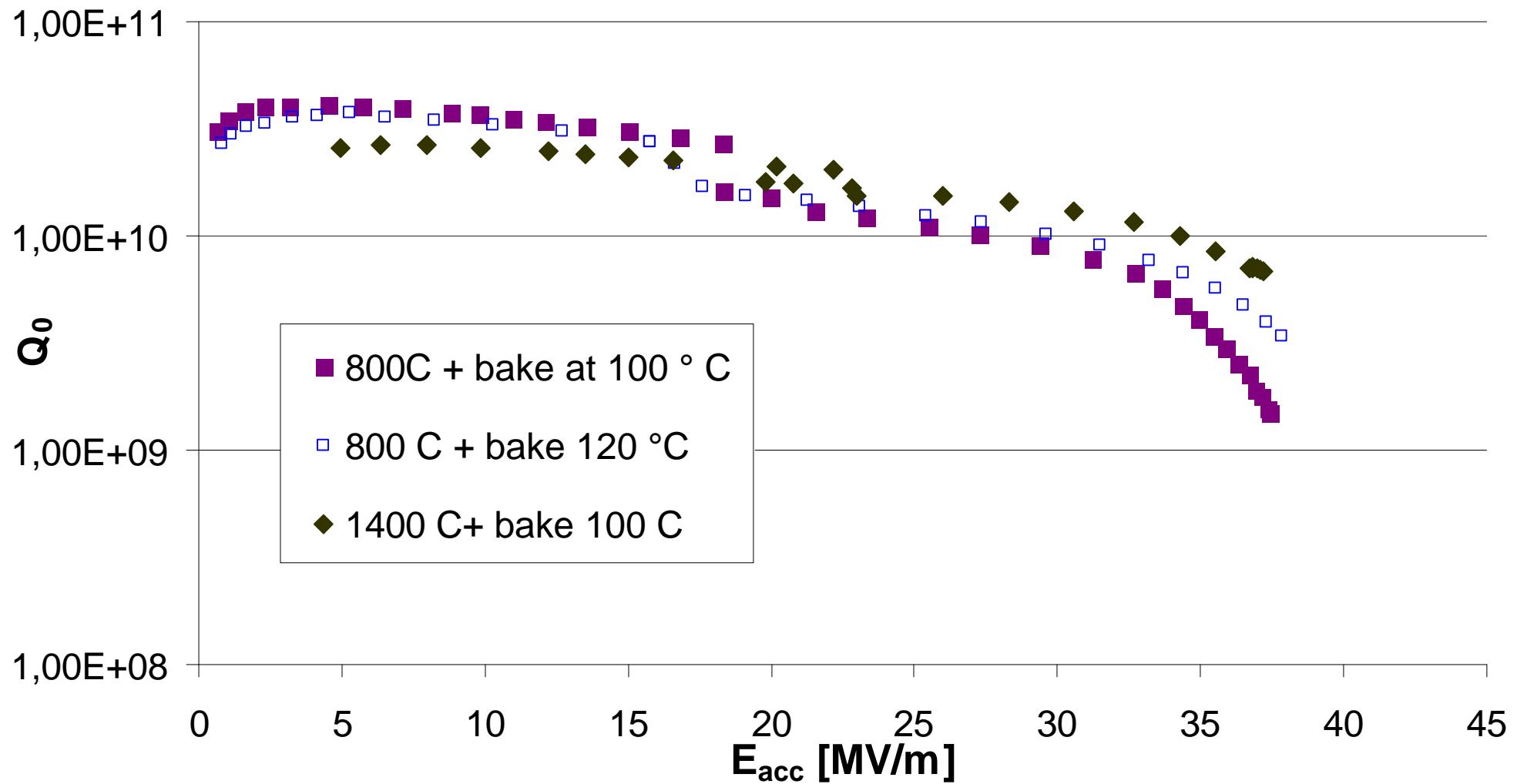
Cavity performance before and after 800°C treatment



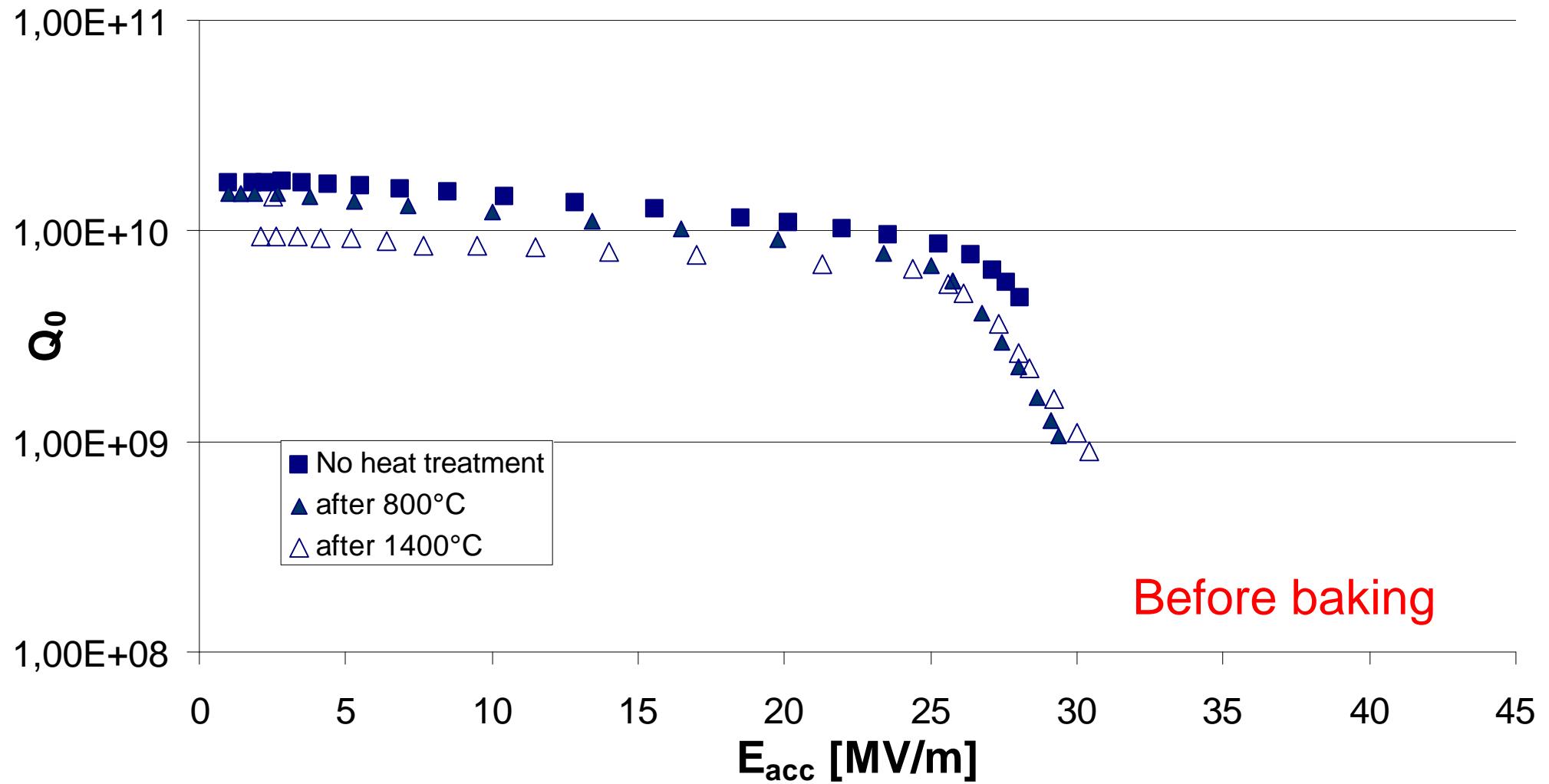
Influence of the high temperature heat treatments



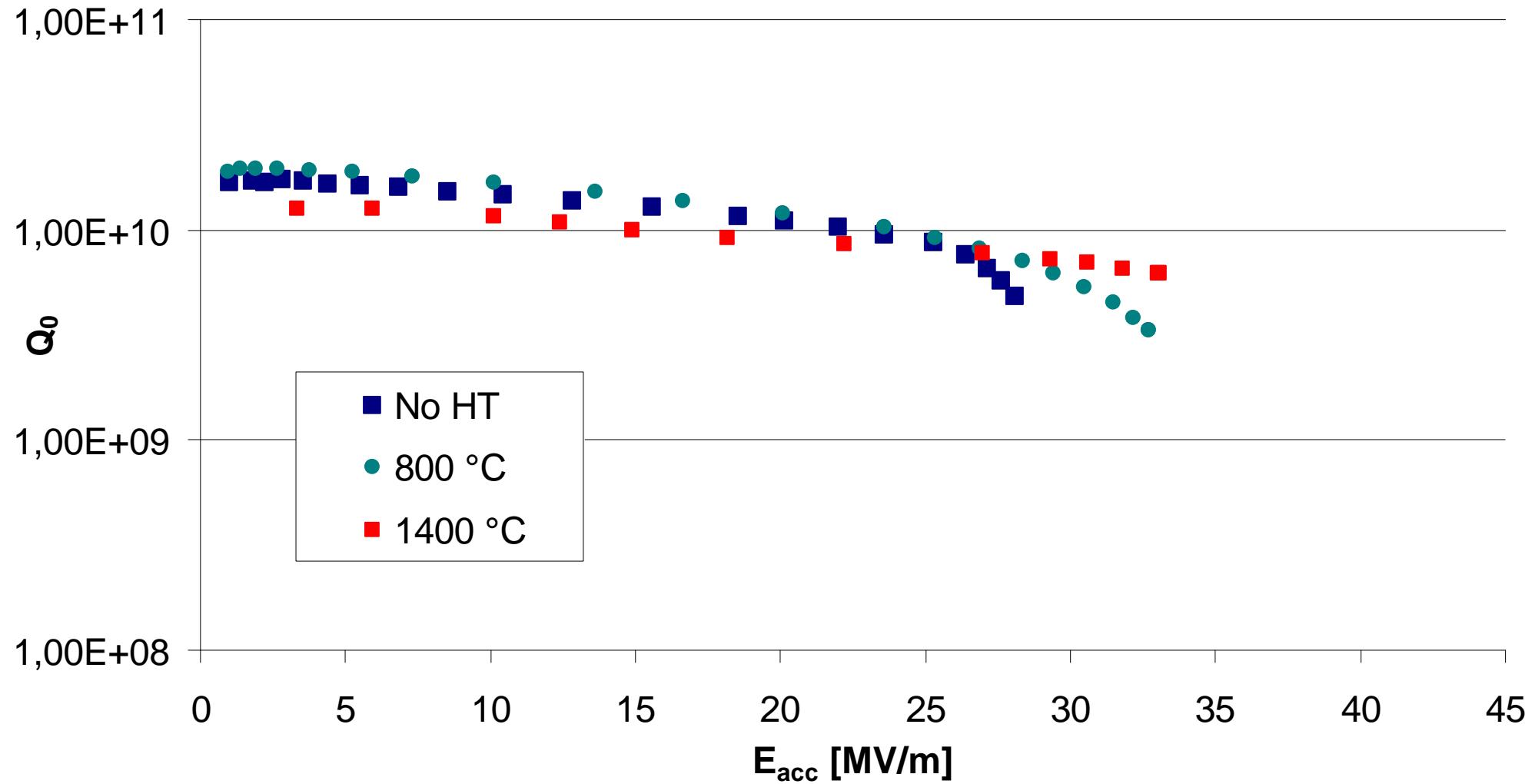
Einfluss der Hochtemperaturglühung bei 1400°C -Teil I



Influence of the high temperature heat treatments



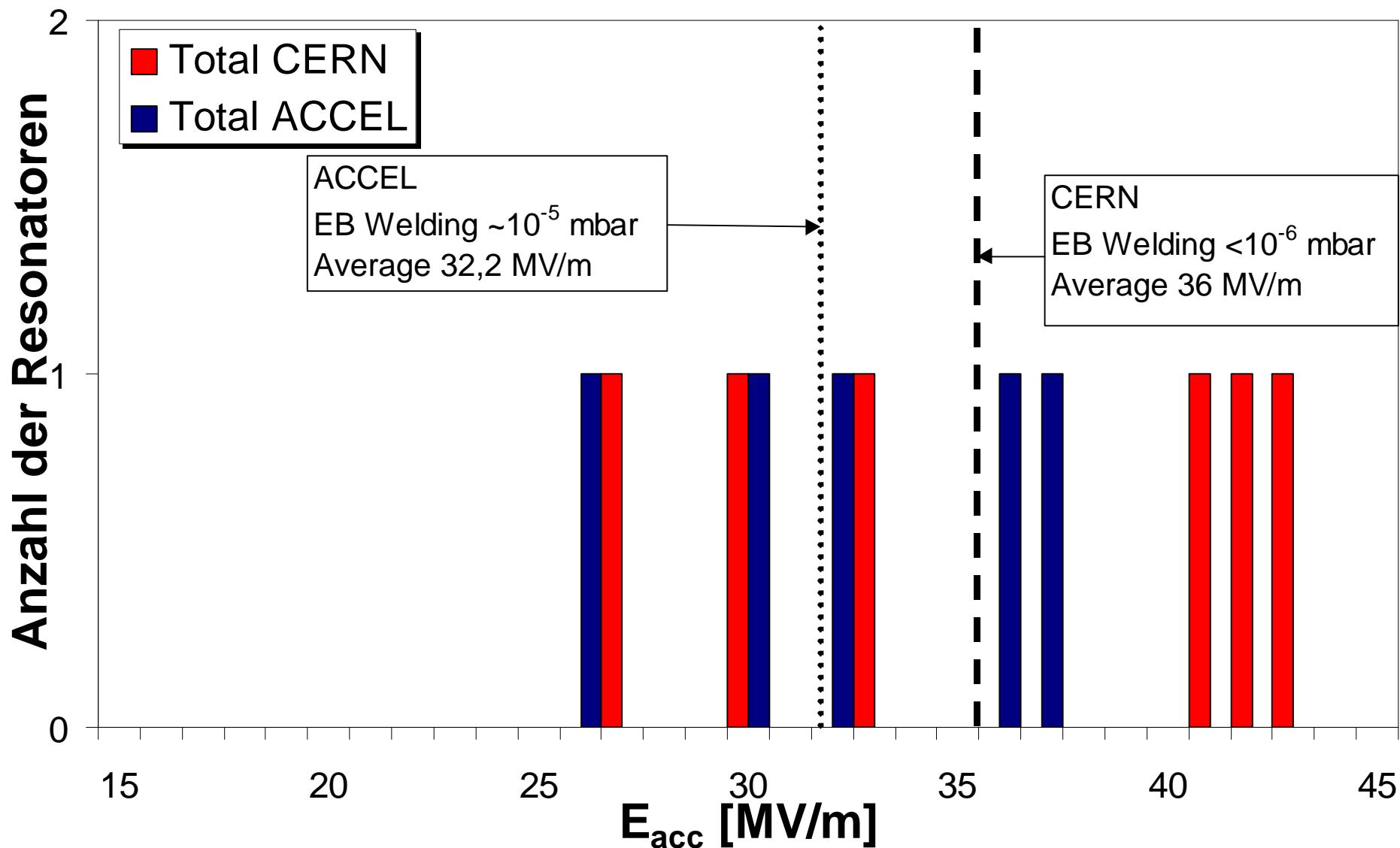
Einfluss der Hochtemperaturglühung bei 1400°C - Teil II



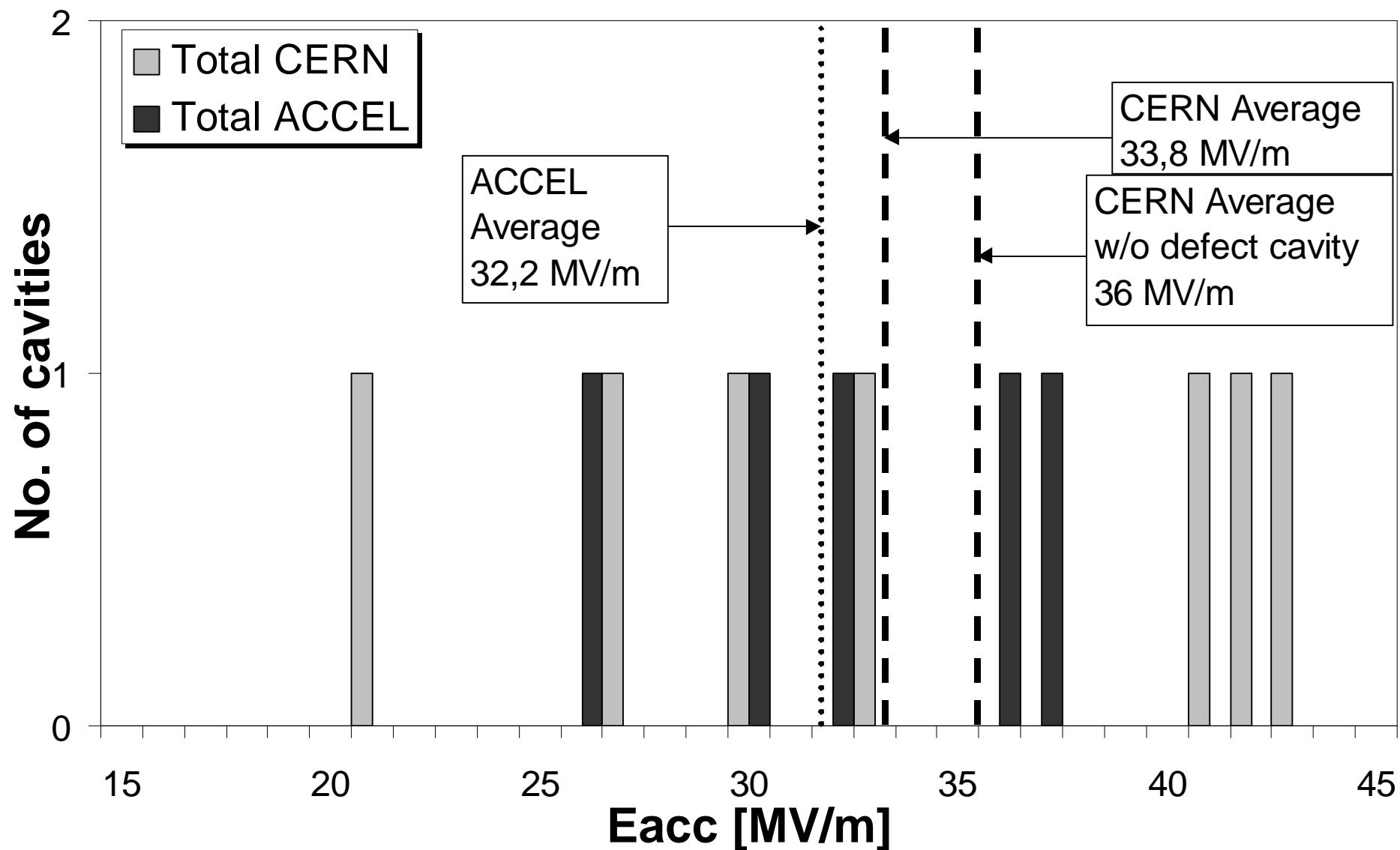
Gibt es einen Einfluss der Elektronenstrahlschweißung ?

- 11 einzellige Resonatoren wurden am CERN hergestellt
 - defokussierter Elektronenstrahl, Verfahren sehr empfindlich gegenüber Parameterveränderungen
 - sehr gutes Vakuum: 10^{-6} - 10^{-7} mbar
- 4 einzellige Resonatoren wurden bei ACCEL hergestellt
 - gerasterter Elektronenstrahl, bessere Strahlkontrolle
 - Standardvakuum: 10^{-4} - 10^{-5} mbar
- DESY baut eine Anlage, die sehr gutes Vakuum mit einer modernen Elektronenkanone kombiniert

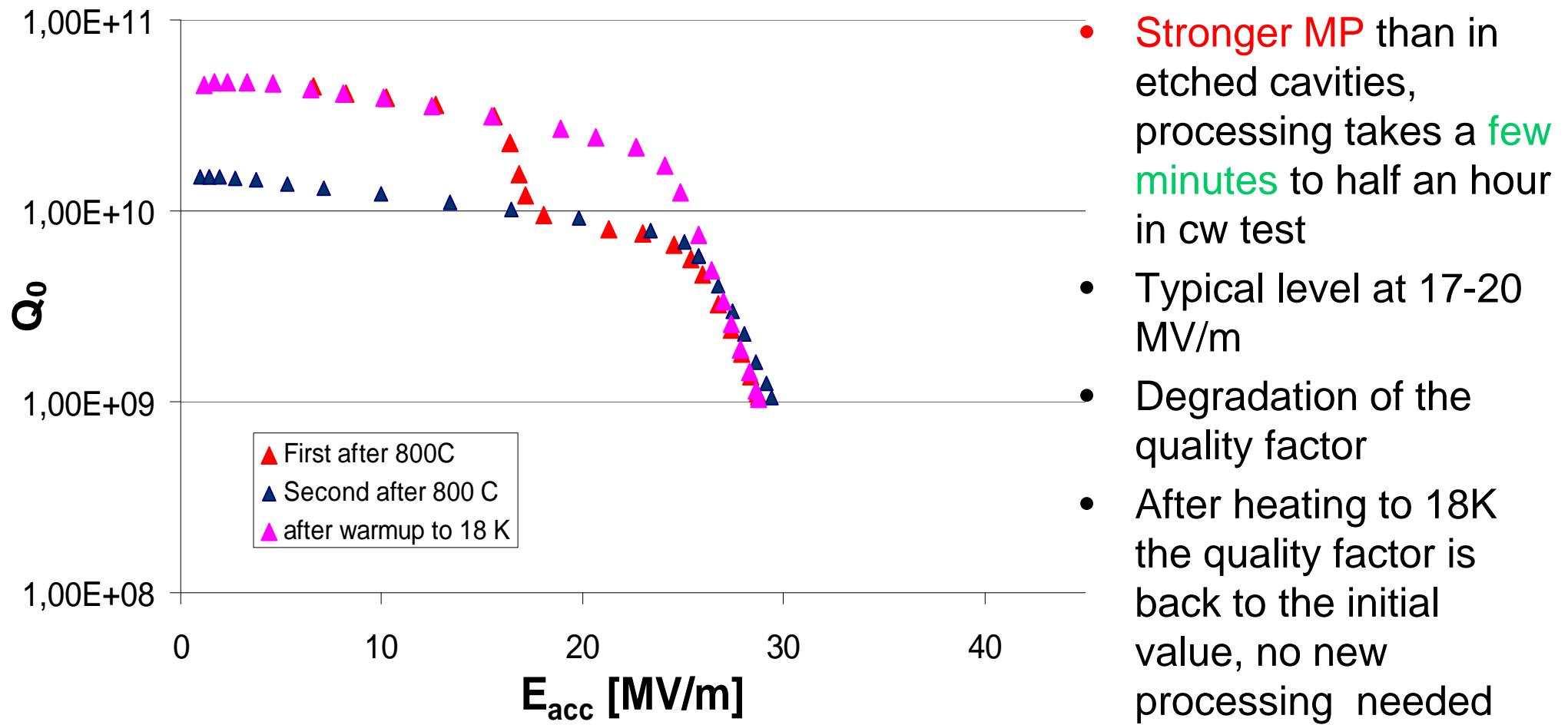
Einfluss der Elektronenstrahlschweißung ?

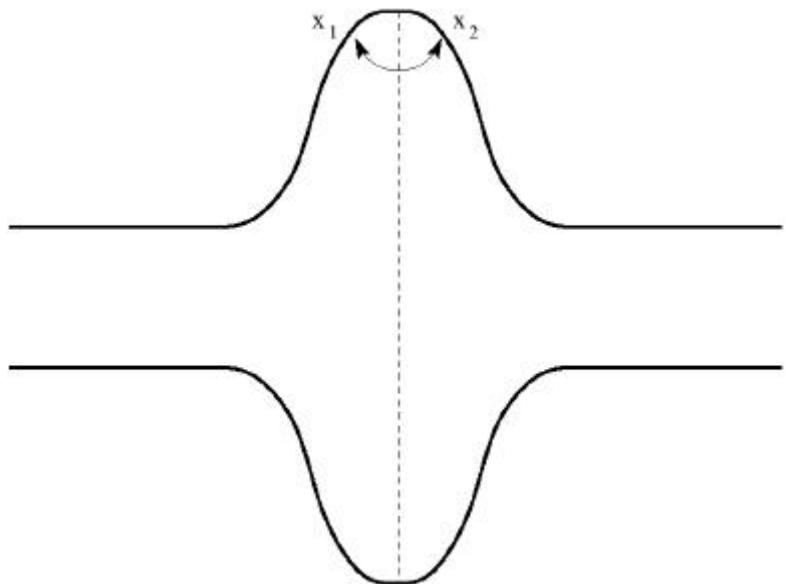
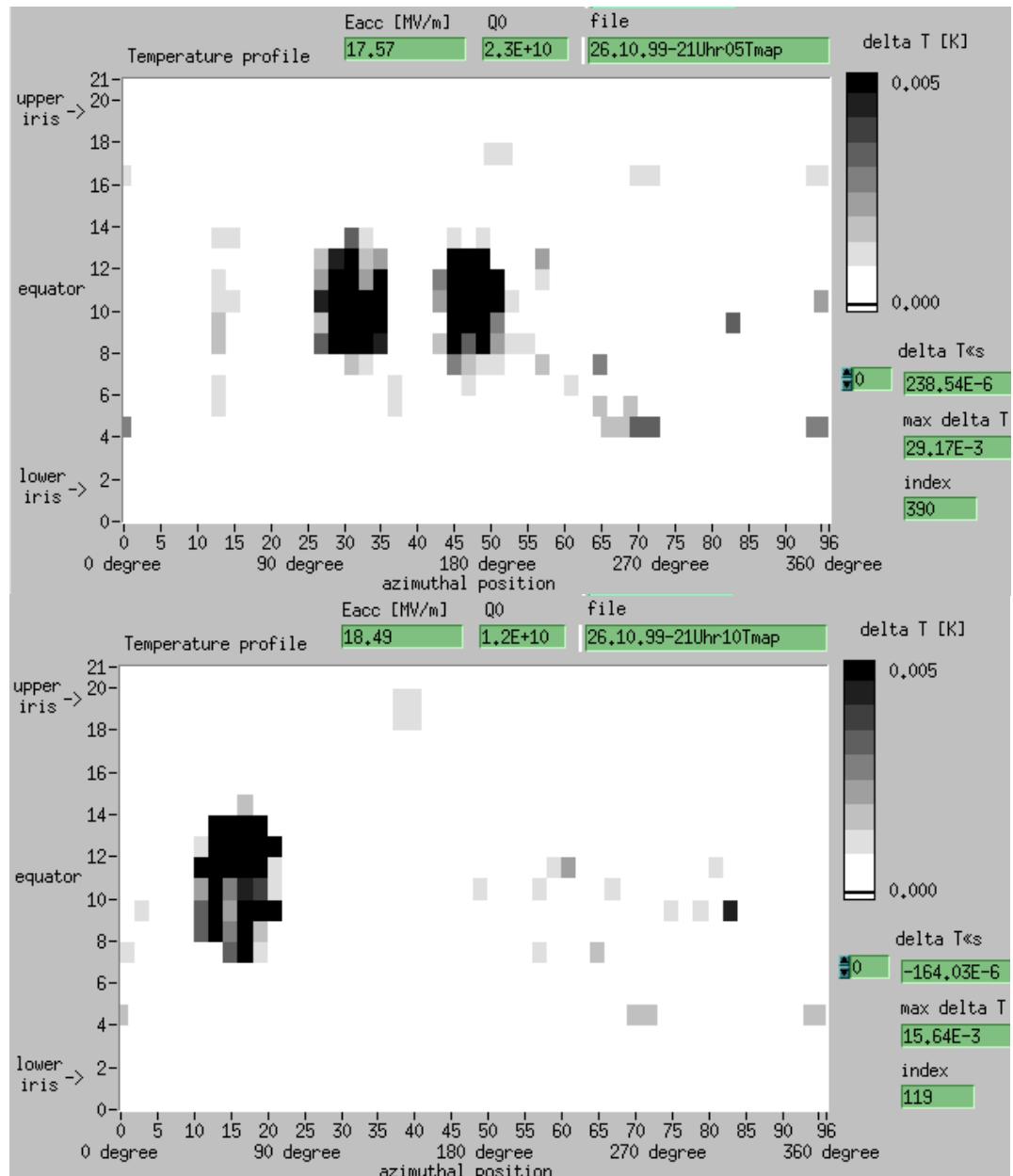


Influence of the electron-beam welding ?



Multipacting





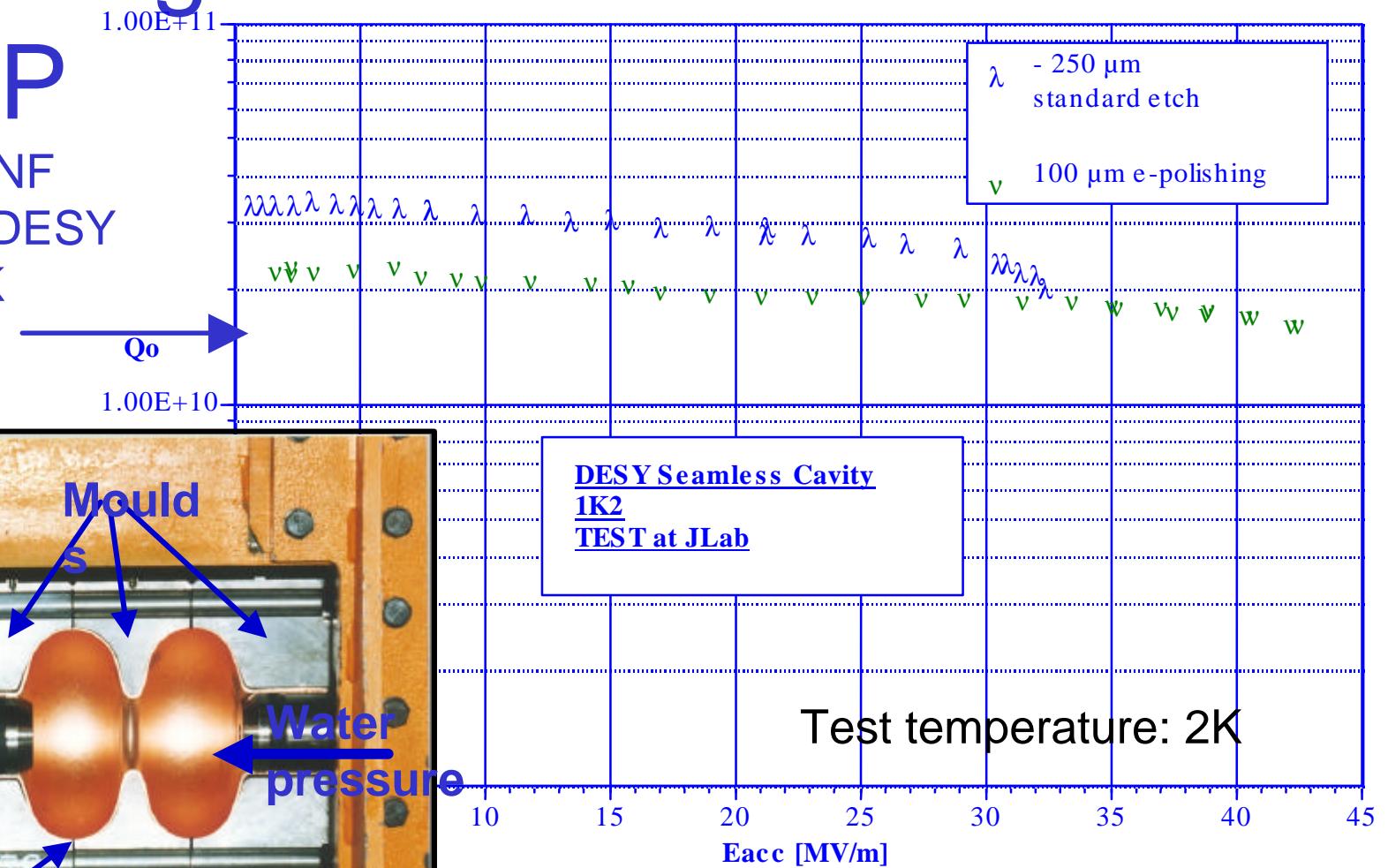
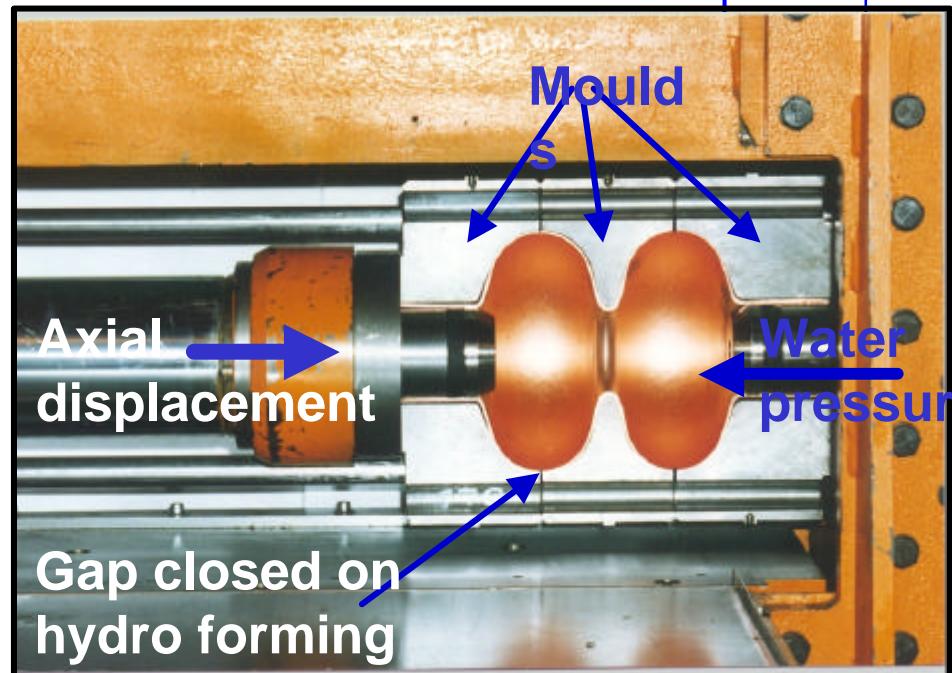
Multipacting: Temperature mapping

- Heating moves along the equator
- X-ray detectors and electron pickups are also showing activity

Hydroforming and EP

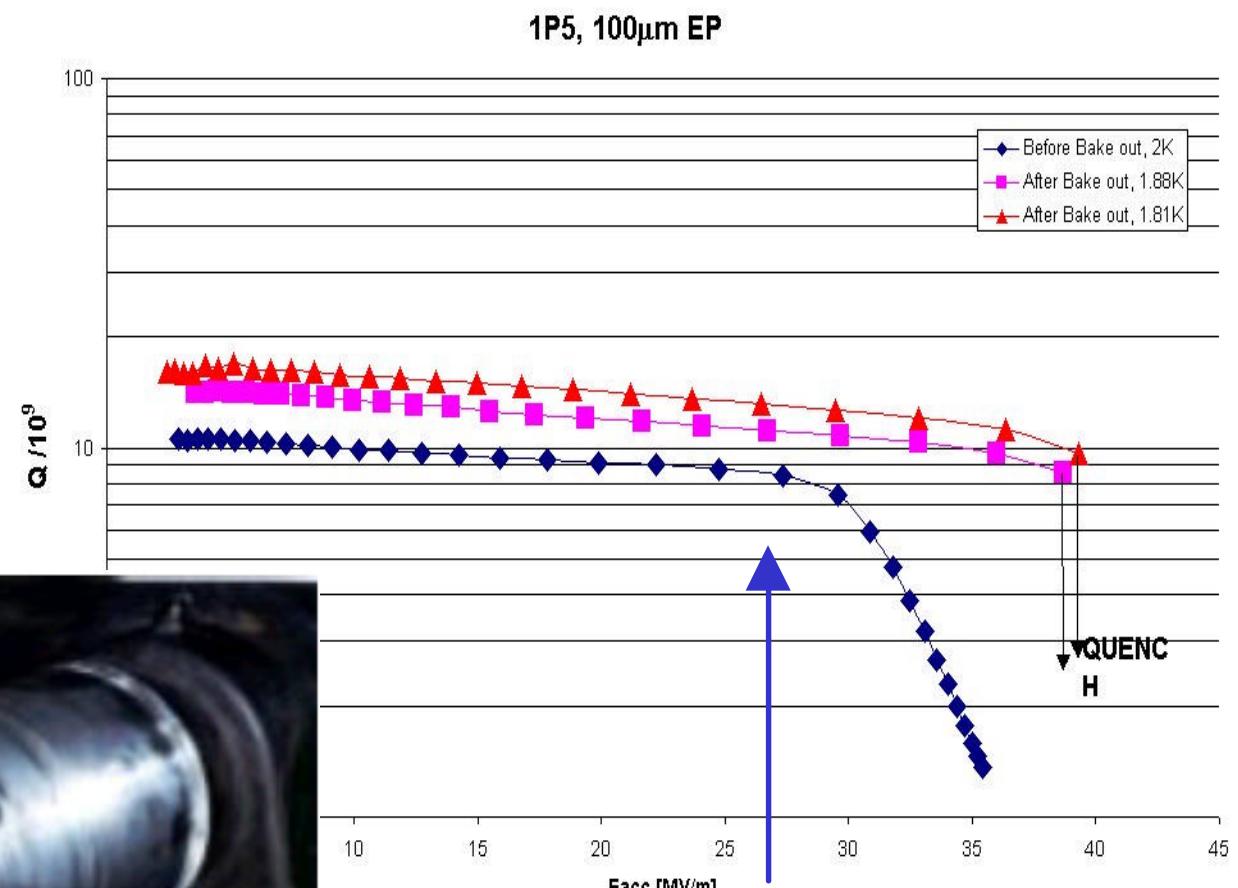
Kneisel TJANF
Kaiser, Singer DESY
Saito KEK

One-cell cavity



Spun and EP cavities

Palmieri (INFN-LNL),
CERN-CEA-DESY
Collaboration



Testserie I: Statistikprogramm für die EP

- Ergebnisse auf den bisher gemessenen EP Einzellern (5!) streuen sehr stark (30 - 43 MV/m) , d.h. **kritische Parameter** sind immer **noch nicht gut definiert**
 - ist es die EP oder vielleicht die Schweissnaht?
 - Wenn EP: was ist der Grund für die Streuung (Elektrolyttemperatur etc.)
- Mindestens **5 weitere Resonatoren** mit Standard EP Programm (EP + 100°C Backen) sind nötig
- evtl. weitere Resonatoren mit **EP + 1400°C**

Testserie II: Ausbacken und Anodisieren

- Kritische Parameter sind immer noch nicht gut definiert
 - Temperatur (100 -140 °C)
 - Dauer des Backens (20 - 40 Stunden)
 - kann das Ausbacken die Quenchfeldstaerke auch verringern (H. Safa bei SRF2001) ?
- Mehr Verständnis durch besser definierten Oxidationsprozess (Anodisieren)
 - erzeugen einer dicken, gut definierten Oxidschicht, dann Ausbacken
- Gutes Ergebnis für die Stabilität des Resonators bei Aussetzen an Luft oder Stickstoff muss reproduziert werden
- Dies Programm wird von Untersuchungen auf Proben begleitet

Testserie III: Herstellungsverfahren

- verschiedene Herstellungsparameter sollen überprüft werden
- Reproduzieren von Ergebnissen aus anderen Labors (Jlab, KEK)
- Testen der Cavities (Anzahl der Tests - s.u.)
 - Hydroformed
 - » Mehrzeller ?
 - Spinning
 - » Mehrzeller ?
 - Nb/Cu Sandwich
 - » Quenchverhalten ?
 - High RRR, low Tantalum
 - Low RRR und EP
 - Tumbling
 - Vacuum Arc Deposition

Testserie IV: Einfahren von Prozeduren

- Neue Anlagen bei DESY müssen qualifiziert werden
 - EBW Anlage
 - » Testen der Schweissparameter
 - » Wie gut muss das Vakuum bei der Schweißung sein?
 - 2x9 EP Anlage
 - » Erste Systemtests an Einzellern
 - » Abläufe
 - » EP Parameter
- Firma Dockweiler
 - qualifizieren als möglicher Ersatz für Einzeller EP
 - andere Elektrolyte (?)

Testprogramm

Programm	Nötige Resonatoren	Nötige Tests	Kommentar
Hohe Gradienten			
EP Statistik vervollständigen	EP CERN/ACCEL	10	vor und nach Ausbacken
Ausbacken	5	15	100 Grad, 120 Grad, 140 Grad
Anodisieren und Stabilität an Luft	4	24	Vor und nach Ausbacken evt. Oxiropolitur
EP + 1400 °C	2	4	vor und nach Backen
Alternative Herstellung			
Hydroforming	3	6	Vor und nach Ausbacken
Spinning	10	20	Vor und nach Ausbacken, Wann gibt es diese Cavities???
Nb/Cu Sandwich Cavities	2	6	EP/ BCP/ Backen
Low tantalum, high RRR	10	20	
Low RRR	3	6	EP + Backen
Vacuum Arc deposition	2	2	
Testen von Prozeduren			
Neue EP Anlage	2	4	EP + Backen
Neue EBW Anlage	5	5	EP + Backen
Dockweiler EP	2	4	EP + Backen
Tumbling	4	8	EP/ BCP/ Backen
Summe		134	